



# ACAMONTA



Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg  
29. Jahrgang 2022

Liebe Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg,  
liebe Leserinnen und Leser,

in diesem Jahr war es dem Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V. nun vergönnt, die 2021 ausfallene Feier zum 100-jährigen Jubiläum nachzuholen. An zwei Tagen im Juni 2022 wurde den Veranstaltungsteilnehmern ein breit gefächertes Programm geboten und die Geschichte sowie aktuelle Schwerpunkte der Vereinsarbeit vorgestellt. Der Blick auf damals und heute zeigt, dass der Verein während der gesamten Zeit seines Bestehens eine wichtige Stütze für die Bergakademie darstellt(e), sei es durch Zuwendungen an Studenten in Notsituationen, bei der Durchführung von Exkursionen oder wissenschaftlichen Vorhaben und bei der Traditionspflege (Aus den Protokollen S. 171).

Neben dem Verein sind es die verschiedenen Stiftungen an der Universität, die zur Förderung einer ganzen Reihe von Projekten beitragen. Für den Bereich der Geowissenschaften soll an dieser Stelle die Dr. Erich-Krüger-Stiftung und dabei insbesondere Frau Dr. Erika Krüger genannt werden, durch deren Zuwendungen das Krügerhaus mit seiner „Mineralogischen Sammlung Deutschland“ Anfang Oktober sein 10-jähriges Bestehen feiern durfte (10 Jahre „Mineralogische Sammlung Deutschland im Krügerhaus“, S. 10). Ebenso in diesem Jahr fand das Engagement der Familie Pohl-Ströher Würdigung, dank deren Stiftung eine der bedeutendsten privaten Mineraliensammlungen der Welt in Freiberg ausgestellt werden kann (Beitrag auf S. 14). Den Förderern und Stiftern der TU Bergakademie Freiberg sei herzlich gedankt!

Die Ausgabe der ACAMONTA 2022 bietet in bewährter Weise eine umfangreiche Sammlung von Beiträgen, die sich der

Forschung, dem Studium, der Geschichte und diversen Ereignissen im Laufe des Jahres an der TU Bergakademie Freiberg widmen. Eine Vorstellung von Forschungsbereichen beziehungsweise -projekten neuberufener Professor:innen finden Sie beispielsweise auf den S. 33 ff., S. 36 ff., S. 38 ff. und S. 55 ff. (Beiträge von Charitos, Meinhold, Wiens oder Richter). Über die Bedeutung von Ausgründungen sowie erfolgreiche Ausgründungsprojekte berichten Uhlmann, Schneider, Heidan und Bellmann (ab S. 109). Auf eine Weiterentwicklung des Studienangebots und internationale Kooperationen bei dessen Ausbau sowie dabei gewonnene Erfahrungen wird in den Artikeln von Bernstein, Drebendstedt und Frisch (ab S. 80) eingegangen. In welcher Form und welchem Umfang Mitarbeiter:innen und Student:innen der Freiberger Bergakademie Unterstützungsangebote für Kommiliton:innen und Fachkolleg:innen aus der Ukraine konzipierten und umsetzten, lesen Sie in den Beiträgen von Röder und Zank (ab S. 157). Auf den nun in greifbare Nähe gerückten Umzug der Universitätsbibliothek nimmt der Text von Kandler Bezug (ab S. 130), Kugler-Kießling beschreibt in Ergänzung dazu die langjährigen Bemühungen um ein neues Bibliotheksgebäude (ab S. 131). Auf historische Ereignisse, wie die 250. Geburtstage von Lampadius und Novalis 2022 sowie den von Mohs im kommenden Jahr gehen Pohl und Rosetz ein (ab S. 195), auf die Gründung des Geologischen Dienstes in Sachsen vor 150 Jahren nimmt Pälchen Bezug (S. 224 ff.).

Beim Lesen dieser und vieler weiterer interessanter Beiträge wünsche ich Ihnen viel Freude! Bleiben Sie im kommenden Jahr gesund und der TU Bergakademie Freiberg verbunden!

Ihre Annett Wulkow Moreira da Silva

Geleitwort .....	6	Virtuell oder doch real? Das Behavioral Research Lab an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften .....	78
Wir alle sind Astronautinnen und Astronauten .....	7	Alexander Leischnig, Jutta Stumpf-Wollersheim	
auf dem Raumschiff Erde .....	7		
Carsten Drebendorf, Thomas Reiter, Hansjörg Dittus, Jens Grigoleit			
<b>Stiftung</b>		<b>Studium</b>	
10 Jahre „Mineralogische Sammlung Deutschland“ im Krügerhaus .....	10	Weiterentwicklung des Studienangebots .....	80
Andreas Massanek, Gerhard Heide, Christina Seifert, Michael Gäbelein		an der TU Bergakademie Freiberg .....	80
Universität und Verein der Freunde und Förderer		Swanhild Bernstein, Ralf Hielscher, Marcus Waurick, Andreas Leineweber	
ehren die Stifterin Dr. Erika Pohl-Ströher und ihre Söhne			
mit einem Festakt am 11. Juli 2022 .....	14	5 Jahre SINReM .....	81
Horst Brezinski		Charlotte Ashworth-Güth, Gero Frisch	
Navigationshilfen zur ursprungsnahen Verminderung		Techno-ökologisches Projekt - Interdisziplinäre	
von Wasserkontamination im Altbergbau.....	15	und forschungsnahe Lehre mit Praxisbezug .....	86
Sabrina Hedrich, Conrad Jackisch, Marika Hofmann, Anita Sanchez, Karl-		Christian Kupsch, Conrad Jackisch, Maximilian Lau, Björn Sprunk, Sebastian	
Julius Haas, Sarah Gogesch, Maximilian P. Lau		Zug	
<b>Forschung</b>		Gaming-basierte Entrepreneurship-Lehre an der TU BAF .....	88
Klimawandel – was sich die meisten nicht wirklich vorstellen können.....	20	Evelyn Bennewitz, Madlen Grau, Karina Sopp	
Jörg Matschullat, Pedro Herrera Lormendez, Nikolaos Mastrantonas		Reakkreditierung des IUZ/Sprachen,	
Kontaktlose Materialidentifikation und Digitalisierung .....	23	Bereich Fremdsprachen für UNICert® .....	90
für die Realisierung geschlossener Stoffkreisläufe .....	23	Birgit Seidel-Bachmann	
Christian Röder, Margret Fuchs, Titus Abend, Jan Beyer, Nadine Schüler,		Sn-Polymetall- und Li-Sn-Lagerstätten im Ost- und	
Sandra Lorenz, Kay Dornich, Richard Gloaguen, Johannes Heitmann		Zentral-Erzgebirge - 2021 (Sn-Li ERZGEB - 2021) .....	91
Hybrides on-site - Membranpilotverfahren zur selektiven Gewinnung von		Thomas Seifert	
strategischen Elementen aus Biolaugungslösungen .....	27	Erste Studienangebote in Europäischer Hochschullallianz EURECA-PRO ...	98
Katja Götz, Roland Haseneder		Carsten Drebendorf, Iuliia Sishchuk, Tobias Fieback	
Verwendung von Karbonfasern (KF) als alternatives		Mit „Digitalen Lehrsammilungen“ die Lehre von	
Reduktionsmittel in der Schlackeverwertung .....	33	heute und morgen stärken - Ein Projektbericht .....	99
Ludwig W. Blenau, Alexandros Charitos		Andreas Benz, Helen Böttcher, Daniel Eger Passos, Gerhard Heide, Marcus	
Sand und Sandstein - Wichtige Georessourcen und		Herbig, Michael Hohf, Bernhard Jung,	
Archive der Erdgeschichte .....	36	Karl Klemm, Thilo Kreschel, Edwin Kroke, Jens Kugler, Stefanie Nagel,	
Guido Meinhold		Johannes Vater, Thomas Wotte	
Die Resilienz von Infrastruktursystemen - Das Beispiel		MINT-EC – Das nationale Excellence-Schulnetzwerk.....	102
der Wasserstraßen .....	38	Kathrin Häußler	
Marcus Wiens, Rebecca Wehrle, Miriam Klein, Frank Schultmann		Alumni kehren zum Diamantenen Diplom-Jubiläum	
Robotisches Binnengewässermonitoring (RoBiMo)		nach Freiberg zurück.....	104
Neue Perspektiven für Vorsorge, Sicherheit und Forschung .....	43	Constance Bornkampf	
Jörg Matschullat, Seán M.P. Adam, Erik Börner, Leonore Dobrovsky, Otto		<b>Universität</b>	
Dreier, Tobias Fieback, Lise Jarosch, Yvonne Joseph, Maximilian Lau, Gero		TU BAF beantragt mehr als 1 Mrd. EUR	
Licht, Sebastian Pose, Eric Röder, Traugott Scheytt, Sebastian Zug		für neues Weltraumforschungsinstitut .....	106
Tiefenabhängige Pfadplanung am Beispiel eines Schwimmroboters .....	47	Carsten Drebendorf, Jens Grigoleit	
Mandeep Kaur, Ingo Schiermeyer*		Meilenstein in der Gründungsunterstützung -	
Industrie 4.0 und Digitalisierung - Zwei Beispiele aus dem		10. EXIST-Forschungstransfer an TU Bergakademie Freiberg gestartet..	109
Bereich Automatisierungstechnik .....	51	André Uhlmann	
Gert Anders, Sebastian Schwarz, Andreas Rehkopf		MiViA – AI powered material analysis .....	112
Modellierung von thermochemischen Konversionsprozessen -		Jessica Schneider	
Einsatzmöglichkeiten und Potenziale.....	55	Start-up ReViSalt entwickelt ökologisch günstige	
Fengbo An, Johannes Scherer, Mathias Hartwich, Andreas Richter		Salzbadregeneration zur Herstellung hochfester Gläser.....	113
Virtuelle Methoden in der Forschung und		Michael Heidan	
Entwicklung von Aufbereitungsmaschinen.....	58	Vom Labor in den Markt -	
Peter Eitz, Holger Lieberwirth, Oliver Schindler, Thomas Zinke		Validierungsförderung an der TU Bergakademie Freiberg .....	114
Nachhaltigkeitsberichterstattung - Eine Herausforderung für		Carmen Bellmann	
die berichtenden Unternehmen und die Adressaten.....	60	Innovationsforschung an der TU Bergakademie Freiberg	
Silvia Rogler		Entwicklung einer Corporate-Entrepreneurship-Plattform.....	115
Entwicklung und Bereitstellung innovativer Lastenpedelecs		Justus Wähling, Jutta Stumpf-Wollersheim	
als Beitrag zur Verkehrswende in Deutschland		Wenn der Roboter-Hund auf Spurensuche geht.....	116
Das Projekt SteigtUM an der TU Bergakademie Freiberg .....	64	Anne-Kristin Jentsch	
Thomas Schumann		Wissenschaftliches Leben am Zentrum für	
Ausbreitung virusbeladener Aerosolpartikel .....	69	effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS) .....	118
Rüdiger Schwarze, Katrin Bauer <sup>1</sup> , Christian Ernst <sup>1</sup> , Robert Hardege <sup>1</sup> , Martin		Dirk C. Meyer, Theresa Lemser	
Heinrich <sup>1</sup> , Sebastian Neumann <sup>1</sup>		„Reise in die Welt der Rohstoffe“ - Buchvorstellung .....	121
Vom Badeschwamm zum Glukosesensor -		Carsten Drebendorf	
Enzymfreies Material zur Blutzuckermessung .....	71	73. BHT – Freiberger UNIVERSITÄTSFORUM .....	122
Parvaneh Rahimi, Sedigheh Falahi <sup>1</sup> , Alaa Jaafar <sup>1</sup> , Iaroslav Petrenko <sup>1</sup> ,		Ein verstecktes Jubiläum .....	122
Mashaalah Zarejoushghani, Hermann Ehrlich, Yvonne Joseph		Tina Kühne	
Graduiertenkolleg GRK 2802: Feuerfest Recycling		NOWA.....	123
Ein Beitrag für Rohstoff-, Energie- und Klimaeffizienz		Network of Women in Academia an der TU Bergakademie Freiberg .....	123
in Hochtemperaturprozessen .....	73	Theresa Wand	
Christos G. Aneziris, Olena Volkova, Patrick Gehre, Jana Hubalkova		Änderungen im Hochschulrat der TU Bergakademie Freiberg .....	125
Das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS) -		Ellen Weißmantel	
Ein Integrationspunkt für interdisziplinäre Zusammenarbeit.....	77	Das Internationale Jahr des Glases der Vereinten Nationen - in Freiberg .....	126
Dirk C. Meyer, Theresa Lemser		Sindy Fuhrmann, Gerhard Heide	
Zentrum für Wasserforschung Freiberg - ZeWaF .....		Zentrum für Wasserforschung Freiberg - ZeWaF .....	128
Mashaalah Zarejoushghani, Traugott Scheytt			

Der Neubau des Bibliotheks- und Hörsaalzentrums Freiberg .....	130	SDIMI 2022 - Internationaler Austausch zu nachhaltigem Bergbau in Namibia .....	188																																																																																																																																																																																																																																										
Susanne Kandler		Louis Schaarschmidt																																																																																																																																																																																																																																											
Von der Utopie zur Wirklichkeit		Vorstellung der Ergebnisse meiner Masterarbeit .....	190																																																																																																																																																																																																																																										
Eine kleine Baugeschichte der Universitätsbibliothek .....	131	auf dem 25th International Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth and Planetary Bodies (EMIW) in Çeşme, Türkei .....	190																																																																																																																																																																																																																																										
Angela Kugler-Kießling		Pascal Semper																																																																																																																																																																																																																																											
Unsere Bilder werden F.A.I.R. - TUBAFmedia – die neue Bild- und Mediendatenbank der TU Bergakademie Freiberg .....	134	Günter Heinisch-Stiftung übergibt wertvolle Mineralstufe .....	191																																																																																																																																																																																																																																										
Jens Kugler		Andreas Massanek																																																																																																																																																																																																																																											
70 Jahre Hörsaal kino .....	136	Der Schatzmeister des VFF, Prof. Dr. Horst Brezinski, ist																																																																																																																																																																																																																																											
Thomas Schmalz		75 Jahre alt geworden - Ein Interview zur Ukraine .....	192																																																																																																																																																																																																																																										
Neuigkeiten zum Bestand der ehemaligen VDEh-Bibliothek .....	138	Hans-Jürgen Kretzschmar, Andreas Horsch, Thomas Schumann																																																																																																																																																																																																																																											
Stefanie Nagel																																																																																																																																																																																																																																													
Sport und die Gesundheitsförderung an der TU Freiberg im Jahr 2022 ...	140	<b>Historie</b>																																																																																																																																																																																																																																											
Jochen Lessau		Wilhelm August Lampadius zum 250. Geburtstag .....	195																																																																																																																																																																																																																																										
Großes Bauen, ganz klein - Die Modelle des VEB Metalleichtbaukombinats und das SPP-DFG-Projekt „Stahl- und Metalleichtbau in der DDR“ .....	143	Helmut Albrecht, Andreas Benz, Volker Mende		Norman Pohl		TMR-Kurs® jetzt Teil der Leitlinie für Grubenrettungswesen .....	146	Ein Fragment - Gedanken zum 250. Geburtstag des		Frank Reuter		Friedrich von Hardenberg (1772-1801), genannt Novalis .....	197	<b>IN NATURA – IN NEXU – IN ARTES</b>		Natur in Verbindung mit Kunst .....	146	Norman Pohl		Andreas Massanek, Andrea Riedel, Michael Gäbelein, Christina Seifert		Aufschwung der Saline Dürrenberg nach 1800 durch das Wirken		Neuerscheinung zu einer „abschließenden Bilanz“		Friedrich von Hardenbergs (Novalis) und Christian Friedrich Brendels ....	202	Bergbau und Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier .....	150	Andreas Berkner		Eberhard Richter		<b>International</b>		Zum 250. Geburtstag von Friederich Mohs – eine Spurensuche .....	204	Kenia: Lokale Reststoffe für den 3D-Druck .....	155	Lisa Kühnel, Leif Micke, Manuela Junghans, Henning Zeidler		Götz P. Rosetz		Unterstützung geflüchteter Studieninteressenten und Gastwissenschaftler aus der Ukraine .....	157	Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt		Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg		Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende .....	161	Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des		EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249
Helmut Albrecht, Andreas Benz, Volker Mende		Norman Pohl																																																																																																																																																																																																																																											
TMR-Kurs® jetzt Teil der Leitlinie für Grubenrettungswesen .....	146	Ein Fragment - Gedanken zum 250. Geburtstag des																																																																																																																																																																																																																																											
Frank Reuter		Friedrich von Hardenberg (1772-1801), genannt Novalis .....	197																																																																																																																																																																																																																																										
<b>IN NATURA – IN NEXU – IN ARTES</b>		Natur in Verbindung mit Kunst .....	146	Norman Pohl		Andreas Massanek, Andrea Riedel, Michael Gäbelein, Christina Seifert		Aufschwung der Saline Dürrenberg nach 1800 durch das Wirken		Neuerscheinung zu einer „abschließenden Bilanz“		Friedrich von Hardenbergs (Novalis) und Christian Friedrich Brendels ....	202	Bergbau und Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier .....	150	Andreas Berkner		Eberhard Richter		<b>International</b>		Zum 250. Geburtstag von Friederich Mohs – eine Spurensuche .....	204	Kenia: Lokale Reststoffe für den 3D-Druck .....	155	Lisa Kühnel, Leif Micke, Manuela Junghans, Henning Zeidler		Götz P. Rosetz		Unterstützung geflüchteter Studieninteressenten und Gastwissenschaftler aus der Ukraine .....	157	Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt		Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg		Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende .....	161	Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des		EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249														
Natur in Verbindung mit Kunst .....	146	Norman Pohl																																																																																																																																																																																																																																											
Andreas Massanek, Andrea Riedel, Michael Gäbelein, Christina Seifert		Aufschwung der Saline Dürrenberg nach 1800 durch das Wirken																																																																																																																																																																																																																																											
Neuerscheinung zu einer „abschließenden Bilanz“		Friedrich von Hardenbergs (Novalis) und Christian Friedrich Brendels ....	202																																																																																																																																																																																																																																										
Bergbau und Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier .....	150	Andreas Berkner		Eberhard Richter		<b>International</b>		Zum 250. Geburtstag von Friederich Mohs – eine Spurensuche .....	204	Kenia: Lokale Reststoffe für den 3D-Druck .....	155	Lisa Kühnel, Leif Micke, Manuela Junghans, Henning Zeidler		Götz P. Rosetz		Unterstützung geflüchteter Studieninteressenten und Gastwissenschaftler aus der Ukraine .....	157	Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt		Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg		Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende .....	161	Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des		EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																												
Andreas Berkner		Eberhard Richter																																																																																																																																																																																																																																											
<b>International</b>		Zum 250. Geburtstag von Friederich Mohs – eine Spurensuche .....	204																																																																																																																																																																																																																																										
Kenia: Lokale Reststoffe für den 3D-Druck .....	155	Lisa Kühnel, Leif Micke, Manuela Junghans, Henning Zeidler		Götz P. Rosetz		Unterstützung geflüchteter Studieninteressenten und Gastwissenschaftler aus der Ukraine .....	157	Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt		Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg		Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende .....	161	Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des		EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																						
Lisa Kühnel, Leif Micke, Manuela Junghans, Henning Zeidler		Götz P. Rosetz																																																																																																																																																																																																																																											
Unterstützung geflüchteter Studieninteressenten und Gastwissenschaftler aus der Ukraine .....	157	Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt		Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg		Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende .....	161	Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des		EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																												
Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt		Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg																																																																																																																																																																																																																																											
Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende .....	161	Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des		EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																		
Willem Zank		zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des																																																																																																																																																																																																																																											
EIT RawMaterials Herbstschule - „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich .....	162	Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208	Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																								
Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt		Diplomstudienganges Mineralogie 2005 .....	208																																																																																																																																																																																																																																										
Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? .....	163	Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen		Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																														
Marcus Dietrich		Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen																																																																																																																																																																																																																																											
Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht ...	163	Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215	Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																				
Ingrid Lange		Curt Adolph Netto (1847-1909) .....	215																																																																																																																																																																																																																																										
Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika .....	167	Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																										
Willkommen in Akita .....	168	Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																												
Hans-Jürgen Kretzschmar		Peter Hauschild																																																																																																																																																																																																																																											
Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	174	Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217	Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																		
Hans-Jürgen Kretzschmar		Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie .....	217																																																																																																																																																																																																																																										
Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian		Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																								
Angelia Naa Amlah Böhnißch		Hannes Thiergärtner <sup>1</sup>																																																																																																																																																																																																																																											
CO <sub>2</sub> -Hydrierung zu CH <sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren		Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der		Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																														
Juliane Schaffer, Lea Schulz		Vor 150 Jahren war (fast) Schluss - Der Karzer der																																																																																																																																																																																																																																											
Bernhard-von-Cotta-Preis 2021 .....	177	Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222	Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																				
Johann Kirchner		Bergakademie Freiberg .....	222																																																																																																																																																																																																																																										
Gesundheitskommunikation - Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15 .....	180	Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild		Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																										
Angelia Naa Amlah Böhnißch		Peter Hauschild																																																																																																																																																																																																																																											
Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern 17. bis 30.09.2021 .....	183	Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224	Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																																
Nazia Zaffar		150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen .....	224																																																																																																																																																																																																																																										
Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschafts-konferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022) .....	185	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen		Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																																						
Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Werner Pälchen																																																																																																																																																																																																																																											
Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus! .....	185	Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als		Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																																												
Alex Wilhelm		Von Freiberg in die Welt - Absolventen der Bergakademie als																																																																																																																																																																																																																																											
Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski		Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226	Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																																																		
Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA .....	186	Ingenieure im Montanwesen von Kolonien .....	226																																																																																																																																																																																																																																										
Exkursion zur Evonik Industries AG und ACHEMA .....	188	Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel				Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen				vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung				am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen				in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229			Karl-Heinz Heyne				Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233			Gottfried Jäckel				Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234			Knut Neumann				Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland				Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238							<b>Personalia</b>				TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel				an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243			Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244			Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245			Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246			Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um				Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247			Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248			Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248			Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249			Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																																																								
Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer		Ulrich Thiel																																																																																																																																																																																																																																											
		Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen																																																																																																																																																																																																																																											
		vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung																																																																																																																																																																																																																																											
		am 3. Oktober 1990 - Teil II: Das deutsche Markscheidewesen																																																																																																																																																																																																																																											
		in der Zeit von 1944/1945 bis 1949 .....	229																																																																																																																																																																																																																																										
		Karl-Heinz Heyne																																																																																																																																																																																																																																											
		Erinnerungsstele für das Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle .....	233																																																																																																																																																																																																																																										
		Gottfried Jäckel																																																																																																																																																																																																																																											
		Der Freiberger Professor und der Bergakademist .....	234																																																																																																																																																																																																																																										
		Knut Neumann																																																																																																																																																																																																																																											
		Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland																																																																																																																																																																																																																																											
		Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann .....	238																																																																																																																																																																																																																																										
		<b>Personalia</b>																																																																																																																																																																																																																																											
		TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel																																																																																																																																																																																																																																											
		an Emeritus Prof. Jürgen Bast .....	243																																																																																																																																																																																																																																										
		Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch .....	244																																																																																																																																																																																																																																										
		Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein .....	245																																																																																																																																																																																																																																										
		Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben .....	246																																																																																																																																																																																																																																										
		Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um																																																																																																																																																																																																																																											
		Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner .....	247																																																																																																																																																																																																																																										
		Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt .....	248																																																																																																																																																																																																																																										
		Universität trauert um Klaus Zschoke .....	248																																																																																																																																																																																																																																										
		Nachruf auf Prof. Gert Grabbert .....	249																																																																																																																																																																																																																																										
		Nachruf auf Prof. Gert Irmer .....	249																																																																																																																																																																																																																																										



Die Universität ist ein wichtiger Teil der Stadtgesellschaft; sie prägt Leben, Arbeiten und Wirtschaften in der Region maßgeblich mit. Freiberg ist eine Universitätsstadt, ein Studien-, Wirtschafts-, Industrie- und Wissenschaftsstandort.

Unter dem Hashtag #WirliebenFreiberg beteiligte sich die Universität darum Ende 2021 an einer Kampagne, die Freibergs Weltoffenheit, kulturelle Vielfalt, schlagkräftige Wirtschaft und wegweisende Wissenschaft in den Mittelpunkt rückte und einen positiven, freundlichen Kontrapunkt zu negativen Berichten aus Freiberg setzt. Die Universität ist eine Institution des Denkens und der Aufklärung. Es liegt daher auch in unserer Verantwortung, uns zu rufschädigenden und nicht regelkonformen Protesten zu äußern und uns zu positionieren. Wir hoffen, damit einen Beitrag dazu geleistet zu haben, wieder das friedliche und tolerante Miteinander pflegen, für das Freiberg seit Jahrhunderten steht.

Vom Platz der Universität mitten in der Stadt zeugt außerdem die Nacht der Wissenschaft 2022, die gut fünftausend Besucherinnen und Besucher aller Generationen in einer heißen Sommernacht im Juni auf den Schlossplatz und ins Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung lockte. Sie experimentierten, staunten und informierten sich über neue Technologien sowie Studienmöglichkeiten für Nachwuchskräfte von morgen. Studierende, Forschende und Start-ups machten deutlich, wie mit Ideen und Erfindergeist eigene innovative Lösungen entwickelt werden können – und, dass Wissenschaft Spaß macht!

Auch mit der fortschreitenden Campusentwicklung am Wissenschaftskorridor rückt die Universität näher an die Innenstadt Freibergs. Nachdem schon 2021 der Neubau für das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung an die

Universität übergeben wurde, freuen wir uns nun, noch in diesem Wintersemester die ersten Hörsäle der neuen Universitätsbibliothek mit Hörsaalzentrum in Betrieb zu nehmen. Außerdem entstehen auf dem Campus derzeit ein neues Laborgebäude neben dem Clemens-Winkler-Bau sowie ein neues Technikum in der Agricolastraße.

Doch nicht nur der Campus, sondern auch das Lehrangebot der TU Bergakademie Freiberg befindet sich im Wandel: Mit dem Bachelorstudiengang „Mathematik in Wirtschaft, Engineering und Informatik“ und den englischsprachigen Masterstudiengang „Mathematics for Data and Resource Sciences“ wurden an der Fakultät für Mathematik und Informatik zwei neue Studiengänge eingeführt. An der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie wird der bisherige Diplomstudiengang „Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie“ nun unter dem Titel „Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie“ fortgeführt und in Ergänzung dazu wird ein Bachelor- und Masterstudium unter gleichem Titel angeboten.

Von Informationen zum Stiftungsgeschehen mit Jubiläen wie 10 Jahre Krügerhaus, zu laufenden Forschungsprojekten und Ausgründungsinitiativen, zu Unterstützungsangeboten für die Ukraine, zu Bauprojekten bis hin zu den Vereinsaktivitäten: In der aktuellen ACAMONTA bekommen sie einen Einblick in die Themen und Entwicklungen, die unsere Universität im Jahr 2022 begleitet haben.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre!

Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbke  
Rektor der TU Bergakademie Freiberg

# Wir alle sind Astronautinnen und Astronauten auf dem Raumschiff Erde

Carsten Drebendest<sup>1</sup>, Thomas Reiter<sup>2</sup>, Hansjörg Dittus<sup>3</sup>, Jens Grigoleit<sup>4</sup>

*„Die Erde ist die Wiege der Menschheit, aber der Mensch kann nicht ewig in der Wiege bleiben. Das Sonnensystem wird unser Kindergarten.“*  
Konstantin E. Ziolkowski

In den unendlichen Weiten des Weltalls kennen wir bisher nur einen einzigen Ort, der uns Menschen Umweltbedingungen bietet, in denen wir ohne technische Hilfsmittel überleben können. Die über Jahrtausende entstandenen natürlichen Geo- und Ökosysteme bieten uns Atemluft, Wasser, Nahrung und Wärme, was die meisten von uns als weitgehend selbstverständlich hinnehmen. Auf Raumstationen bzw. in der astronautischen Raumfahrt sind technologisch extrem komplexe Lebenserhaltungssysteme erforderlich, um vergleichbare Bedingungen zu gewährleisten. Diese erreichen bis heute nicht annähernd die Effizienz natürlicher Kreislaufsysteme.

sorgung und der Verwendung von Ressourcen zu liefern.

Mit dem Artemis-Programm läuten die NASA und die mit ihr kooperierenden Raumfahrtagenturen eine neue Ära der astronautischen Exploration des Sonnensystems ein, die den Menschen nach mehr als 50-jähriger Unterbrechung zunächst erneut zum Mond und später auch zum Mars bringen soll. Im Unterschied zum Apollo-Programm der 1960er und 70er Jahre ist diesmal eine nachhaltige und dauerhafte Präsenz von Menschen auf anderen Himmelskörpern geplant, verbunden mit umfangreichen und komplexen wissenschaftlichen Untersuchungen, die unser Wissen über den Kosmos und die darin wirkenden Zusammenhänge erheblich erweitern werden. Wie bereits Ende der 60er Jahre, wird die europäische Rolle im Artemis-Programm neben allen technisch-wissenschaftlichen Aspekten gerade auch das Interesse der



Die Entwicklung entsprechender Systeme und der dafür erforderlichen Technologien und Modelle trägt jedoch bereits heute viel zum Verständnis natürlicher Prozesse bei und bietet gerade angesichts der Herausforderungen einer heutigen Übernutzung der Ökosysteme bzw. deren Regenerationsfähigkeit erhebliches Potential. Unter den im Weltall und auf den Oberflächen anderer Himmelskörper herrschenden extremen Bedingungen muss eine Versorgung der sich dort aufhaltenden Menschen unabhängig von natürlichen Ökosystemen und fossilen Energieträgern gewährleistet werden. Dabei müssen alle Materialien und Stoffströme äußerst effizient und möglichst in verlustfreien Kreislaufsystemen genutzt werden. Auch Energie muss sehr sparsam und intelligent genutzt werden, wobei eine stabile, d.h. ausfallfreie Versorgung absolut überlebenswichtig ist. Sämtliche Systeme müssen auf weitgehende Autarkie und hohe Robustheit sowie Resilienz ausgelegt werden.

Wer die Fähigkeiten besitzt, Stationen auf Mond und Mars autark zu versorgen, hat alle Mittel in der Hand, auch auf der Erde Kreisläufe zu schließen, Ressourcenverbräuche zu minimieren und Energie zu sparen, und somit essentielle Beiträge für die Bekämpfung des Klimawandels und der hierfür erforderlichen Umgestaltung unserer Energiever-

jungen Generation an Natur- und Ingenieurwissenschaften beflügeln. Vor diesem Hintergrund würde ein Forschungszentrum für Weltraumressourcen einen ganz entscheidenden Ankerpunkt für Studentinnen und Studenten, die Wissenschaft und den Nährboden für Space-Tech Start-Ups mit internationaler Sichtbarkeit und Anziehungskraft bilden.

Die Rückkehr zum Mond bildet dabei einen logischen ersten Schritt. Nicht umsonst wird der Mond unter Planetologen auch als achter Kontinent der Erde bezeichnet. Als ein zu großen Teilen aus dem gleichen Material gebildeter Himmelskörper hat der Mond vieles vom ursprünglichen Zustand der Erde konserviert und kann uns viel über deren Entwicklungsgeschichte erzählen. Die Erkundung und Erforschung dieses achten Kontinents verspricht der Menschheit einen wenigstens ebenso großen Wissens- und Erkenntnisfortschritt wie das Zeitalter der großen Entdeckungsfahrten auf der

1 Prof. Dr. Carsten Drebendest, TU Bergakademie Freiberg, Professur Bergbau – Tagebau, Ideengeber ERIS

2 Dr. Thomas Reiter, ESA-Astronaut a.D., ehem. Vorstand DLR und ESA

3 Prof. Dr. Hansjörg Dittus, Universität Bremen, Vorstand des DLR für den Bereich Raumfahrtforschung und -technologie von 2011 bis 2021

4 Dr. Jens Grigoleit, TU Bergakademie Freiberg, Prorektorat Forschung und Transfer



Erde. Über Alexander von Humboldt lässt sich dabei bekanntmaßen ein direkter Bezug auch zu Freiberg und seiner Bergakademie herstellen. Einerseits war diesem sein an der Bergakademie erworbenes Wissen bei seinen Forschungsreisen von großen Nutzen und bildete oft die Grundlage für die dabei gewonnenen Erkenntnisse; andererseits haben die auf den Reisen gewonnenen Erfahrungen selbst erst dazu geführt, umfassendere Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen.

Mit Beiträgen zur Schaffung der erforderlichen technologischen Voraussetzungen zur Erforschung des Mondes und anderer Himmelskörper können wir uns aktiv daran beteiligen, der Geschichte der großen Entdeckungen neue Kapitel hinzuzufügen und vielleicht können, wie im Fall von Alexander von Humboldt, erneut Impulse aus Freiberg eine wichtige Rolle spielen. Die im Rahmen des wissenschaftlichen Profils als Ressourcenuniversität an der TU Bergakademie Freiberg bearbeiteten Themenfelder bieten dafür in jedem Fall eine ausgezeichnete Grundlage und über die Initiative ERIS bestehen inzwischen exzellente Ver-

bindungen zu führenden Zentren der Weltraumforschung.

Angesichts der gravierenden Herausforderungen auf unserem „Raumschiff Erde“ besteht dringender Bedarf für Innovationen sowie neue Ansätze für nachhaltiges Wirtschaften. Erkenntnisse aus der Weltraumforschung könnten hierbei ein Schlüssel sein. Außenposten auf anderen Himmelskörpern können in diesem Sinne Modelfunktion übernehmen und aufzeigen, wie eine nachhaltige und sichere Versorgung von Menschen mit minimalen Ressourceneinsatz und ohne zusätzliche Beanspruchung oder Belastung der natürlichen Ökosysteme realisiert werden kann.

Das Beispiel von Alexander von Humboldts Forschungsreise zeigt: Das Verlassen der eigenen Komfortzone und der Aufbruch in neue unerforschte Gebiete fördert die Wissensentwicklung und das Verständnis sowohl der Welt als auch der eigenen Person und Gesellschaft. In diesem Sinne bietet die Raumfahrt in jedem Fall enormes Potential und kann uns den Weg in eine nachhaltige, friedliche und hoffnungsvolle Zukunft weisen.



Ehrung für Frau Dr. Dr. h. c. Erika Pohl-Ströher und Familie Pohl am 11. Juli 2022

# Stiftung



10 Jahre „Mineralogische Sammlung Deutschland im Krügerhaus“  
am 8. Oktober 2022

# 10 Jahre „Mineralogische Sammlung Deutschland“ im Krügerhaus

Andreas Massanek, Gerhard Heide, Christina Seifert, Michael Gäbelein



Foto: Torsten Mayer/TUAF

Das Krügerhaus am Freiberger Schlossplatz beherbergt die Ausstellung Mineralogische Sammlung Deutschland.

Am 5. Oktober 2012 wurde die Ausstellung „Mineralogische Sammlung Deutschland“ im Krügerhaus feierlich eröffnet. Hunderte Gäste strömten von der Vortragsveranstaltung in der Alten Mensa durch die Stadt, um sich die neue Ausstellung am Schlossplatz anzusehen. Mit der Mineralogischen Sammlung Deutschland im Krügerhaus wurde ein weltweit einzigartiges Ausstellungsprojekt vollendet. Gemeinsam mit der terra mineralia im Schloss Freudenstein und den Geowissenschaftlichen Sammlungen im Werner-Bau entstand der größte mineralogische Ausstellungskomplex der Welt. Alle drei Ausstellungshäuser gehören zur TU Bergakademie Freiberg und sind vom Schlossplatz aus in nur wenigen Gehminuten zu erreichen.



Foto: Detlev Müller, Frauenstein

Frau Dr. Krüger eröffnet gemeinsam mit Kanzler Dr. Handschuh, der Bundestagsabgeordneten Bellmann, Oberbürgermeister Schramm und Finanzminister Prof. Unland die neue Ausstellung im Krügerhaus.

Im Jahr seiner Eröffnung hatte das Krügerhaus seinen 500. Geburtstag. Es ist damit eines der ältesten Gebäude in Freiberg, älter als das benachbarte Renaissanceschloss Freudenstein. Es wurde von Rudolph von Bünau zwischen 1510 und 1512 errichtet. Bünau war Hofmeister am Hof des sächsischen Herzogs Heinrichs des Frommen (1473-1541), der im Freiber-

ger Schloss Freudenstein residierte. Nach Einführung der Reformation durch Heinrich den Frommen in Sachsen (1539) übersiedelte Bünau ins katholische Böhmen und verkaufte das Haus an die Familie von Schönberg. Diese im Kurfürstentum Sachsen sehr einflussreiche Familie besaß das Gebäude etwa 150 Jahre lang. Seit dieser Zeit ist das Haus eng mit dem Bergbau verbunden, denn die Familie Schönberg hatte immer wieder hohe Posten im sächsischen Bergbau inne. Ende des 17. Jahrhunderts erwarb der sächsische Kurfürst Johann Georg II. (1613-1680) das Anwesen, um darin eine Kanzlei und die Akten des Oberbergamts unterzubringen. Seit dieser Zeit wurde das Gebäude als Amtshaus genutzt, d.h. es hatte eine besondere Stellung innerhalb der Stadt – auch weil die Besitzer keine Steuern darauf zahlen mussten. Im Jahr 1868 erfolgte ein grundlegender Umbau. Bis in die 1920er Jahre waren eine Reihe unterschiedlicher Verwaltungsabteilungen darin untergebracht. Ab 1945 wurde es nur noch als Wohnhaus genutzt, nach 1990 stand es leer und war dem Verfall preisgegeben bis es durch Dr. Peter Krüger erworben wurde, der eine denkmalgerechte Sanierung anstrebte. Es ist dem großen Engagement seiner Frau, Dr. Erika Krüger, zu verdanken, dass das Krügerhaus nach dem unerwarteten Ableben von Dr. Peter Krüger im Juli 2007 mit erheblichen privaten und Mitteln der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung sowie öffentlichen Fördermitteln komplett saniert und für die Ausstellung der Minerale aus Deutschland wie ein Schatzkästchen gestaltet wurde. Das Krügerhaus ist auch der Sitz der Dr. Erich-Krüger-Stiftung. Zweck dieser Stiftung ist die Förderung der praxis- und anwendungsbezogenen Wissenschaften und Forschung an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Dabei wird angestrebt, solche Forschungsergebnisse zu fördern, die im Freistaat Sachsen – bevorzugt in Freiberg – umgesetzt, hier produziert und von hieraus verkauft werden können. Zweck der Stiftung ist weiterhin der Aufbau und das Betreiben einer Geowissenschaftlichen Sammlung im Krügerhaus.

Die Sanierung des Hauses wurde im Sommer 2010 abgeschlossen und zum Tag des offenen Denkmals im September kamen mehr als 500 Besucher, um sich das zukünftige Ausstellungshaus anzusehen. In den folgenden zwei Jahren wurde die Ausstellung detailliert geplant und aufgebaut. Zum engeren Kern der Konzeptionsgruppe gehörten Prof. Gerhard Heide, Dr. Harald Kohlstock, Andreas Massanek und Karin Rank, die sich eng mit Frau Dr. Erika Krüger und dem Kanzler Dr. Andreas Handschuh abstimmten. Regelmäßig traf man sich mit dem ehemaligen Rektor Prof. Georg Unland, um sich mit dem Initiator des Vorhabens und damaligen sächsischen Finanzminister über den aktuellen Planungsstand zu beraten. Die baulichen Arbeiten fanden unter Verantwortung und Leitung des Meißener Architekten Jürgen Voigt statt. Für die Planung der Ausstellung konnte derselbe Partner gewonnen werden, der auch die Ausstellung terra mineralia im Schloss Freudenstein realisiert hatte – das Berliner Architekturbüro AFF.

Die Ausstellung schreibt das Konzept von terra mineralia fort. Im Schloss Freudenstein werden die Minerale von

Frau Dr. Erika Pohl-Ströher, die als Dauerleihgabe der Pohl-Ströher Mineralienstiftung an die TU Bergakademie Freiberg übergeben wurden, in Form einer mineralogischen Weltreise präsentiert. Die Objekte sind nach Kontinenten, Ländern und Fundstellen regional geordnet. Das Konzept sieht vor, die wissenschaftliche Mineralsystematik im Abraham-Gottlob-Werner-Bau, die Minerale von ausländischen Fundorten im Schloss und die Minerale aus Deutschland im Krüger-Haus zu zeigen. Die regionale Ordnung lädt hier zu einer mineralogischen Rundreise durch Deutschland ein.

spatregion um Wölsendorf in der Oberpfalz gezeigt. Auch mineralogische Raritäten, wie seltene Phosphatminerale aus der Gegend um Hagendorf sind hier zu sehen. Beeindruckend sind die Pegmatitminerale aus dem Fichtelgebirge - große Bergkristalle, Rauchquarze und Feldspäte, aber auch Besonderheiten wie Topas, Fluorapatit, Turmalin und der zweitgrößte Goyazitkristall der Welt! Die Grube Clara im Schwarzwald ist durch Großstufen von Fluorit und Baryt und einige ihrer zahlreichen Sekundärminerale vertreten. Dazu zählen unter anderem Olivinit, Klinoklas, Skorodit, Azurit und Malachit.



Foto: Susanne Baldauf, TUBAF

Besucher vor einer Vitrine, in der mehr als 750 Kristallmodelle der Firma Krantz ausgestellt sind

Den Anfang macht im Erdgeschoss Sachsen mit dem Erzgebirge. Hier steht natürlich Freiberg mit seinen Silberfunden im Mittelpunkt, aber auch prächtige Großstufen von fliederfarbenem Amethyst, blauem Fluorit und weißem Baryt aus der letzten aktiven Grube, der Beihilfe in Halsbrücke, beeindrucken die Besucher. Wismut, Cobalt- und Nickelmineralen aus der Zeit des Uranbergbaus im 20. Jahrhundert sind ebenso zu sehen, wie erzgebirgische Typminerale. Das sind Minerale, die weltweit zuerst von hiesigen Fundstellen beschrieben worden sind. Dazu zählen z. B. Erythrin, Roseolith und Wismut aus Schneeberg, Pyromorphit aus Zschopau und Fluorapatit aus Ehrenfriedersdorf. Eine Seltenheit ist der orangefarbene Krokoit aus Callenberg bei St. Egidien, der weltweit nur an drei Stellen in nennenswerter Menge und Qualität vorgekommen ist. Die wunderbaren Stufen aus Tasmanien und dem Ural sind im benachbarten Schloss Freudenstein ausgestellt.

In der nächsten Etage geht es vom Sauerland bis nach Thüringen. Den Besuchern bleiben vor allem die riesigen Barytstufen aus Dreislar im Sauerland in Erinnerung, auf denen goldfarbene und hochglänzende Chalkopyritkristalle sitzen. Aber auch büschelige Strontianit aus Beckum, glasklare Bergkristalle aus dem Weserbergland, große Galenit- und Markasitkristalle aus dem Ruhrgebiet, himbeerfarbener Rhodochrosit und strahlige, dunkelgrüne Malachitkristalle aus dem Siegerland sowie prächtige Pyromorphite aus Bad Ems im Lahntal kann man hier finden. Halitwürfel und große Gipskristalle aus Thüringen und dem Südsauerland beeindrucken ebenso wie die Harzer Klassiker Manganit aus Ilfeld, Galenit aus Neudorf oder Calcite von Elbingerode und St. Andreasberg.

Im zweiten Stockwerk geht es durch den Süden Deutschlands. Beginnend in Bayern werden die Minerale der Fluss-

Von der Grube Kautenbach bei Bernkastel stammen zwei hervorragende Exemplare des sogenannten Blaubleierzes. Das ist eine seltene Pseudomorphose von Galenit nach Pyromorphit, wobei diese Lagerstätte die weltweit besten Ausbildungen liefert hatte.



Foto: Hartmut Meyer-Lollar

Strontianit auf Calcit, Grube Mark II, Beckum, Münsterland, Nordrhein-Westfalen. Dauerleihgabe Prof. Unland, Freiberg. Bildbreite 7 cm

Edel- und Schmucksteine aus Deutschland werden in einem kleinen Gewölberaum im Erdgeschoss gezeigt. Hier dominieren Objekte aus dem sächsischen Vogtland. Topaze vom Schneckensteinfelsen, der größte Aquamarin Deutschlands, die Quarzvarietäten Bergkristall, Citrin und Rauchquarz und verschiedenfarbige Zirkone gehören dazu. Der große Doppelkopal aus Zöblitzer Serpentinit aus dem Grünen Gewölbe in Dresden beeindruckt ebenso wie der Schmuck aus Halsbacher Korallenachat und verarbeiteter Achat und Jaspis aus



Junge Besucherinnen in der Ausstellung

Idar-Oberstein. Aus der Eifel ist der weltweit größte blaue Haüyn-Kristall zu sehen, der übrigens genau am Tag der Eröffnung des Krügerhauses gefunden wurde. Erwähnenswert ist auch eine Suite von Bergkristallen und Rauchquarzen aus dem sächsischen Granulitgebirge. Bei Edelsteinen darf natürlich das Gold nicht fehlen. In den Vitrinen ist Seifengold aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands zu bewundern.

In der terra mineralia kann man in jedem Saal einen Abstecher von der Weltreise unternehmen und zu einem Extrathema mehr erfahren. So auch im Krügerhaus. Im Erdgeschoss befindet sich die Galerie der Sammler. Studenten, Mineralsammler und Wissenschaftler erzählen, was sie mit dem Sammeln verbindet, warum sie sammeln und was und wie sie sammeln. In der ersten Etage betritt der Besucher die Galerie der Modelle. Am beeindruckendsten ist sicher der Blick auf eine Rundvitrine, in der – spektakulär beleuchtet



Chalcopyrit und Dolomit auf Baryt, Dreislar, Sauerland, Nordrhein-Westfalen. Dauerleihgabe Prof. Unland, Freiberg. 14 x 8,5 cm

– eine komplette Sammlung von Kristallmodellen der Firma Krantz aus Bonn aus den 1880er Jahren ausgestellt ist. Die mehr als 750 Holzmodelle wurden von Professor Paul Groth (1843-1927) nach Vorlagen aus der Mineralogischen Sammlung in Strasbourg entworfen und gemeinsam mit der Firma Krantz hergestellt und vertrieben. Der Beitrag der Freiberger Universität zur Entwicklung der Kristallographie wird anhand weiterer Kristallmodelle aus unterschiedlichen Materialien und Epochen demonstriert. Darunter befinden sich auch Modelle aus Blei, die Abraham Gottlob Werner Ende des 18. Jahrhunderts in Freiberg selbst hergestellt hat. Die Galerie der Varietäten folgt in der nächsten Etage. Hier ist eine kleine Auswahl von Achaten und Amethysten der vielen deutschen Fundorte zu bewundern. An der Wand hängt die größte Achatscheibe Deutschlands, die fast einen Meter breit ist. Sie stammt aus einem großen, blockförmigen Flussgeröll, dass nach dem verheerenden Hochwasser von 2002 aus der Uferböschung der Müglitz bei Schleiz im Osterzgebirge geborgen werden konnte.



Eine Kindergruppe vor der Achatvitrine

Um die Ausstellung Mineralogische Sammlung Deutschland zu verwirklichen, wurde im Frühjahr 2008 eine gleichnamige Stiftung eingerichtet. Ihr Zweck ist die Förderung von Kunst und Kultur durch die Sammlung bedeutsamer Minerale Deutschlands aus wissenschaftlicher, ästhetischer oder historischer Sicht. Zweck der Stiftung ist zudem die Sammlung von geowissenschaftlich relevanten Exponaten mit dem Ziel der Sicherung und Bewahrung des mineralogischen Kulturguts Deutschlands. Die Stiftung verfolgt weiterhin das Ziel, Wissenschaft und Forschung durch die Nutzung der Exponate für Forschungs- und Lehraufgaben zu fördern. In die Stiftung können auch Minerale aus anderen Ländern aufgenommen werden. Erster Stifter war Prof. Georg Unland, der symbolisch drei seiner Sammlungsstücke in die Stiftung einbrachte. Darüber hinaus stellte er aber auch viele weitere Objekte als Leihgabe zur Verfügung. Die Stiftung entwickelt sich bis heute kontinuierlich weiter. Bis August 2022 haben genau 100 Privatpersonen in 135 Stiftungsvorgängen 545 Mineralstufen mit einem Gesamtwert von fast 340.000 Euro übergeben. Noch nicht mitgezählt ist eine umfangreiche Kollektion eines Sammlers aus dem Bergischen Land. Dabei handelt es sich um mehr als 400 hervorragende Stufen aus Rumänien, die noch inventarisiert werden müssen. Es ist geplant, diese Sammlung in Form einer Sonderausstellung 2024 in der terra mineralia im Schloss Freudenstein zu präsentieren.

Das Stiften ist aber nicht die einzige Form, sich an der Gestaltung der Ausstellung zu beteiligen. Momentan gibt es etwa 60 Leihverträge mit Privatpersonen und Partnermuseen.



Foto: Hartmut Meyer, Lollar

Rhodochrosit, Grube Wolf, Herdorf, Westerwald, Rheinland-Pfalz. Dauerleihgabe Pohl-Ströher Mineralienstiftung. Bildbreite 4 cm

Das museumspädagogische Konzept der „Mineralogischen Sammlung Deutschland“ ist an dem der terra mineralia ausgerichtet. Es legt jedoch einen besonderen Fokus auf das Thema Welterbe, zu dem die Montanregion Erzgebirge/Krušnohoří 2019 geworden ist. Ziel ist es, Besucher aller Altersgruppen für Naturwissenschaften, speziell Geologie und Mineralogie, zu begeistern. Dies geschieht unter dem Leitgedanken „Mitmachen – Staunen – Begreifen“.

Für Individualbesucher steht dafür ein Audio-Guide zur Verfügung. Um ihn zu nutzen kann ab 2023 ein Tablet kostenfrei an der Kasse der terra mineralia ausgeliehen werden. Alternativ kann er dann aber auch mit dem eigenen Smartphone über die Homepage abgerufen werden. Der Guide wurde über das Förderprogramm „Pandemiebedingte Investitionen“ im Rahmen von „Neustart Kultur“ finanziert. Erwachsene Besuchergruppen lernen die Ausstellung zudem über Führungen, wie „In 90 Minuten durch Deutschland“ oder „Kurztrip Sachsen“ kennen.

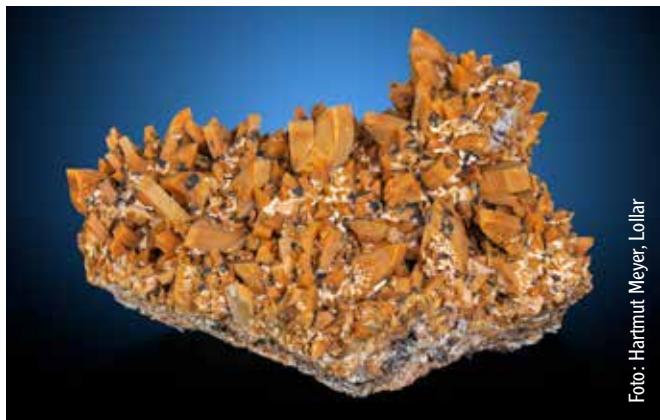


Foto: Hartmut Meyer, Lollar

Baryt, Grube Clara, Oberwolfach, Schwarzwald, Baden-Württemberg. Stiftung Günter Markfelder, Üchtelhausen. 27 x 20 cm

Schüler- oder Kindergruppen können die Ausstellung im Rahmen einer Kinderführung oder eines Schulprogramms erleben. Diese sind altersgerecht am sächsischen Lehrplan ausgerichtet. „Sagenhaftes Silber“ vermittelt Vor- und Grundschülern die Geschichte vom ersten Silberfund in Freiberg,

die mit der Verleihung des Welterbetitels endete. Mit „Vom ERZgebirge“ lernen Schüler der 3-5. Klassen die wichtigsten Bergbauphasen im Erzgebirge anhand der Erze und Minerale kennen. Hier kann ebenfalls ein direkter Bezug zum Welterbetitel der Montanregion Erzgebirge/Krušnohoří hergestellt werden. Schüler ab der Klassenstufe 10 setzen sich mit den deutschen Mittelgebirgen, ihren wichtigsten Mineralen und deren historische Verwendung sowie heutige Bedeutung auseinander. Dafür steht das Schulprogramm „Minerale aus Deutschland“ zur Verfügung. Derzeit entsteht das Schulprogramm „Eine Welt aus Silber“, das Schülern ab der Klassenstufe 9 eine andere, neue Sichtweise auf den Werkstoff Silber sowie dessen historische und derzeitige Verwendung mit Hilfe von Experimenten aufzeigen soll. Um alle diese Angebote professioneller und insbesondere interaktiver vermitteln zu können, stehen ab 2023 verbesserte Arbeitsmaterialien sowie ein Experimentierwagen zur Verfügung. Finanziert wurde all dies durch den Kleinprojektfonds des Welterbevereins der Montanregion.



Foto: Hartmut Meyer, Lollar

Markasit, Lägerdorf, Schleswig-Holstein. Stiftung Schröder, Gettorf. 20 x 16,5 cm

Im Eingangsbereich im Erdgeschoss befindet sich eine kleine Vitrine, in der die „mineralinos“ ihre Fundstücke ausstellen. Die Mädchen und Jungen ab 8 Jahren lernen im Kinderclub der terra mineralia nicht nur mehr über Minerale. Sie lernen auch nach dem Vorbild von Frau Dr. Erika Pohl-Ströher, wie sie eine eigene Mineraliensammlung aufbauen können. Dazu werden drei bis vier Mal pro Jahr Exkursionen zu regionalen Minerafundpunkten veranstaltet. Die schönsten Funde sind dann für ein Jahr für alle Besucher ausgestellt.

Bis jetzt haben 60.000 Menschen die Mineralogische Sammlung Deutschland besucht. Mit den vielfältigen museumspädagogischen Angeboten wird immer mehr Leben in das Krügerhaus hineingebracht, vor allem auch durch den attraktiven Seminarraum im Dachgeschoss. Mit dem kontinuierlichen Ausbau der Stiftung Mineralogische Sammlung Deutschland wächst nicht nur die Menge an Stufen, sondern auch die Qualität der Ausstellung. Diese ganze Entwicklung wäre ohne das jahrelange Engagement von Frau Dr. Erika Krüger nicht möglich gewesen. Dafür möchten wir uns an dieser Stelle ganz herzlich bedanken.

#### Weiterführende Literatur:

AUTORENkollektiv (2012): Mineralogische Sammlung Deutschland: Das Krügerhaus in Freiberg. Edition Krüger-Stiftung. Bode-Verlag Salzhemmendorf, 280 S.

MASSANEK, A. & SEIFERT, C. (2013): German minerals in the Krügerhaus, a new permanent exhibition in Freiberg, Saxony, Germany. - In: Rocks & Minerals, 88(2013)3, S. 212-221

# Universität und Verein der Freunde und Förderer ehren die Stifterin Dr. Erika Pohl-Ströher und ihre Söhne mit einem Festakt am 11. Juli 2022

Horst Brezinski



Enthüllung des Wandreliefs



Gießen der Pohl-Eiche

im Schloss Freudenstein ein Wandrelief mit der Abbildung des Gesichts von Frau Dr. Erika Pohl-Ströher enthüllt. Der Oberbürgermeister der Stadt Freiberg, Sven Krüger, wie auch der Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, würdigten noch einmal die Bedeutung der Ausstellung für die wirtschaftliche und touristische Entwicklung

der Stadt, auch als Wissenschaftsstandort.

Nachdem dieser Festakt pandemiebedingt mehrfach verschoben worden war, fand am 11. Juli eine mehrteilige Festveranstaltung posthum für die Stifterin der terra mineralia, Frau Dr. Dr. h.c. Erika Pohl-Ströher, statt, die Freiberg und speziell der TU Bergakademie Freiberg eine der bedeutendsten privaten Mineraliensammlungen der Welt in Form einer Dauerleihgabe zur Verfügung gestellt hat.

Der erste Teil begann im Hörsaal des neuen Dietrich-von-Freiberg-Baus an der Prüferstraße. Nach der Begrüßung schilderte Prof. Dr. Jochen Schlüter vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Hamburg in seinem Vortrag, wie es zu der Entdeckung des zu Ehren von Frau Dr. Pohl-Ströher benannten Minerals „Erikapohlit“ kam. In einem zweiten Vortrag wies der Sächsische Staatsminister der Finanzen a. D., Prof. Dr. Georg Unland, auf das noch viel weitergehende Vermächtnis von Frau Dr. Erika Pohl-Ströher hin. Denn nicht nur für die Präsentation ihrer Mineraliensammlung wurde das Freiberger Schloss wieder hergerichtet, sondern – eingebettet in diesen Akt städtebaulicher Wiederauferstehung Freibergs – wurden nicht nur das Schlossquartier, das heute u. a. die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften beherbergt, sondern auch ein Wissenschaftskorridor geschaffen, der das gesamte Campusgelände in sich verbindet und in neuem Glanz erstrahlen lässt – mit dem imposanten Bibliotheks- und Hörsaalgebäudekomplex und den verschiedenen Forschungszentren bis hin zur Gustav-Zeuner-Straße. Die Stiftung von Frau Dr. Pohl-Ströher gab den entscheidenden Anstoß zu der gegenwärtigen, bemerkenswerten Entwicklung des Campus der TU Bergakademie Freiberg.

Anschließend an diese Feierstunde wurde am Eingang der „terra mineralia“

Zum Abschluss der Veranstaltung wurde auf dem Campus-Gelände, zentral gelegen zwischen Mensa und neuer Bibliothek, die schon im Herbst gepflanzte Pohl-Eiche gegossen. In der Ansprache des Schatzmeisters des Vereins der Freunde und Förderer, Prof. Dr. Horst Brezinski, wurde auf die Herkunft des dort platzierten Gedenksteins hingewiesen, der aus einer Granitfundstelle in der Nähe des Heimatortes der Stifterin stammt, der nun aber zentral auf dem Campusgelände platziert die enge Verbindung von Studenten und Wissenschaft symbolisieren soll. Auf dem Gedenkstein ist ein QR-Code angebracht, der den internetaffinen jungen Leuten Auskunft gibt über das Leben und Wirken der Stifterin Dr. Erika Pohl-Ströher, so dass auch den künftigen Studentengenerationen die Einmaligkeit des Handelns der großzügigen Stifterin nähergebracht wird.

Im späteren Verlauf des Tages wurde den beiden nach Freiberg angereisten Söhnen der Stifterin das Ehrenarschlede des Vereins der Freunde und Förderer der Bergakademie für ihre Verdienste um Hochschule, Stadt und Region verliehen. Insgesamt diente die Veranstaltung, die in einem würdigen Rahmen stattfand und von zahlreichen Vereinsmitgliedern besucht wurde, aber auch als Anstoß und Anregung für zukünftige Stifter der TU Bergakademie Freiberg als auch des Vereins.



Verleihung der Ehrenarschlede

# Navigationshilfen zur ursprungsnahen Verminderung von Wasserkontamination im Altbergbau

Sabrina Hedrich<sup>1</sup>, Conrad Jackisch<sup>2</sup>, Marika Hofmann<sup>1</sup>, Anita Sanchez<sup>3</sup>, Karl-Julius Haas<sup>2</sup>, Sarah Gogesch<sup>1</sup>, Maximilian P. Lau<sup>3</sup>

## Einleitung

Die Landschaft der Montanregion Erzgebirge ist von jahrhundertlangem Bergbau geprägt. Heute resultieren daraus große Herausforderungen, weil durch Wasser zum Teil extreme Mengen Schadstoffe aus den alten Abbaugebieten getragen werden. Grund- und Regenwasser gelangen auf verschiedenen, meist unbekannten Pfaden in die Bergbausysteme und nehmen dort entlang der Spalten Elemente auf. Auf dem gesamten Fließweg bis in die regionalen Oberflächenwässer vermischen sich verschiedene, überwiegend toxische Elemente, was zu Umweltproblemen führt.

Einerseits besteht die Herausforderung darin, in den empfangenden Gewässern einen guten ökologischen und chemischen Zustand im Sinne der europäischen Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen. Andererseits besteht die Chance Bergbauwässer als dringend benötigtes Brauchwasser zu verwenden. Für beides ist eine gezielte Wasserbehandlung Voraussetzung. Eine solche Behandlung betrifft dabei jedoch ein enormes Wasservolumen mit einer Mischung vieler verschiedener Stoffe in unterschiedlichen, zeitlich wechselnden Konzentrationen. Anders als bei klassischen Ansätzen, adressieren wir in diesem Projekt kleinräumige Schadstoffquellen direkt im Bergwerk am Austritt aus den Stollensystemen, also an einem Ort, an dem das belastete Wasser noch nicht vermischt und verdünnt ist.

Das Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ und der Rothschönberger Stolln, der die Ab- und Sickerwässer des Freiberger und Brander Reviers mit erheblichen Konzentrationen an Cadmium, Nickel, Blei, Beryllium, Kupfer und Zink führt, dient in diesem Projekt als Modellstandort. Wir knüpfen an zahlreiche Studien an, die den Austrag von Schadstoffen anhand physikochemischer Bedingungen auf Basis von Punktmessungen und thermodynamischer Modellierung abgeschätzt haben (z. B. Baacke, 2000; Degener, 2003). Kinetische Faktoren, wie die Verbreitung und Aktivität von Mikroorganismen und organischen Kohlenstoffverbindungen, die beide mineralauflösend wirken, sind bisher weder für deren toxisches Gefährdungspotenzial, noch für deren Funktion in der Landschaft erfolgt. Die dynamischen Eigenschaften der Stoffmobilisierung wurden bisher ebenfalls kaum erfasst.

Zur Bewältigung der Herausforderungen untersuchen wir das Potenzial und entwickeln Methoden zur Steuerung der Zustandsdynamik an Mobilisierungs-Hotspots sowie Optionen zur Entkopplung einzelner Pfade. Dazu arbeiten wir interdisziplinär auf drei Ebenen zusammen:

1. Identifikation dominierender mikrobieller Prozesse, die wesentlich zur Schadstoffmobilisierung beitragen und Entwicklung von entsprechenden Steuerungsmöglichkeiten

2. Untersuchung der Rolle von gelösten Kohlenstoffverbindungen sowie weiterer biogeochemischer Charakteristika für mikrobielle Prozesse und die Entstehung von Hotspots der Schadstofffreisetzung

3. Lokalisierung von Hotspots im klüftigen unterirdischen Wassersystem und Identifikation von Verweilzeiten und

Steuerungsoptionen in den dynamisch verbundenen Abfluss-Netzwerken mit unsicher definierbaren Quellbereichen und Fließpfaden.

Die Verbindung dieser drei Ebenen soll schlussendlich Methoden zur effizienteren und effektiveren Reduktion der Wasserbelastung liefern, die auf verschiedene Bergbausysteme des Erzgebirges übertragbar sind und dadurch die Gewässerbelastung stark verringern und dringend benötigtes Brauchwasser bereits an Ort und Stelle verfügbar machen.

## Untersuchungssystem

In Rahmen des Projekts untersuchen wir vor allem den sulfidischen Erzgang „Schwarzer Hirsch Stehender“, welcher am Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ direkt in den Rothschönberger Stolln entwässert (Abbildung 1).

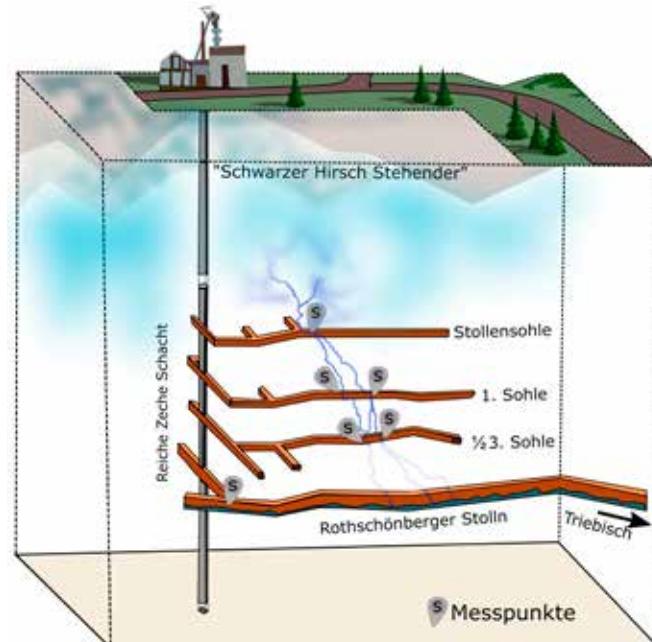


Abb. 1: Konzept der Untersuchungen auf mehreren Sohlen im Erzgang „Schwarzer Hirsch Stehender“

Nach 50,9 km führt der Rothschönberger Stolln annähernd neutrales Wasser mit hohen Schwermetallgehalten in die Triebisch, die dann in die Elbe mündet. Die Relevanz dieser Frachten wird daran deutlich, dass erhebliche Mengen der im Hamburger Hafen gemessenen Stofffrachten auf die Region Freiberg zurückgeführt werden können (Tabelle 1).

- 1 AG Biohydrometallurgie & Mikrobiologie, Institut für Biowissenschaften, Leipziger Str. 29, 09599 Freiberg
- 2 AG Strömungs- und Transportmodellierung in der Geosphäre, Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau, Agricolastraße 22, 09599 Freiberg
- 3 AG Biogeochemie, Institut für Mineralogie, Brennhausgasse 14, 09599 Freiberg

## Kontakt

Sabrina.Hedrich@bio.tu-freiberg.de

Tabelle 1: Frachten ausgewählter Schadstoffe im Ausfluss des Rothschönberger Stollns (Daten: LfULG, UBA)

Rothschönberger Stolln				
	Jahresfracht kg/Jahr	Durchschnittliche Konzentration µg/L	Umweltqualitätsnorm (Jahresdurchschnitt, WRRL) µg/L	Überschreitung der Norm
Blei	326	2,11	1,2	2x
Cadmium	356	21,2	0,25	85x
Nickel	492	29,1	4,0	7x
Zink	59'998	3'571	800	4x
Arsen	289	2,01	(nur für Schwebstoffe)	
Eisen	13'245	60	-	

Im Rahmen unserer Untersuchungen beproben wir im Erzgang „Schwarzer Hirsch Stehender“ seit Anfang Februar 2022 regelmäßig insgesamt 31 Messpunkte, an denen Wasser durch die Stollensohle tropft und fließt. An sieben Messpunkten erfassen wir kontinuierlich die Durchflussmengen. An drei Messpunkten erheben wir Zeitreihen der spektralen Eigenschaften des Abwassers und nehmen automatisiert tägliche Wasserproben.

### Biogeochemische Prozesse bei Schadstoffmobilisierung und -transport

Bergbausysteme stellen großräumige Drainagesysteme dar und beeinflussen damit den Wasserhaushalt und die Elementkreisläufe der Landschaft. Da sich Grubenwässer aus Oberflächenwasser rekrutieren, transportieren sie die darin gelösten Verbindungen, einschließlich den als Biomasse-Abbauprodukt ubiquitär in Böden und Gewässern vorkommenden gelösten Kohlenstoff (DOC). Dieser interagiert vielfältig mit mineralischen Komponenten des Bergbauwassers, puffert dessen pH-Wert und beeinflusst durch biologische und chemische Prozesse die Löse- und Transporteigenschaften von Metallen (Abbildung 3). Trotzdem ist DOC bisher keine Bedeutung für den Schadstoffexport beigemessen worden. Die basenarme, wald- und moorreiche Landschaft des Erzgebirges produziert verhältnismäßig hohe DOC-Stofffrachten.

Eine ganzheitliche Bergbaufolgenabschätzung muss daher biogeochemische Prozesse, insbesondere die durch DOC aktivierbaren Schadpotentiale einschließen. Zu diesem Zweck sollen in einer ersten Phase des Projekts die DOC-Frachten hinsichtlich ihrer Menge und Zusammensetzung untersucht

werden. Dem schließt sich eine Analyse der DOC-basierten Schadstoffmobilisierungspotenziale durch gezielte Laborversuche an (Sanchez et al. 2022). Mit diesen Ergebnissen soll ein umfassendes Verständnis der Stoffdynamik im Bergbau erreicht werden. Es bildet die Grundlage für neue Sanierungsmöglichkeiten.

### Einfluss mikrobieller Prozesse auf die Schadstoffmobilisierung

Mikroorganismen katalysieren verschiedene Redoxreaktionen und können damit entscheidend zur Mobilisierung von Metallen beitragen. Besonders Mikroorganismen, die ihre Energie aus in Erzen vorkommenden Eisen- und Schwefelverbindungen beziehen, spielen dabei eine entscheidende Rolle. In Anwesenheit von Sauerstoff aus der Luft entstehen bei diesen mikrobiellen Prozessen Schwefelsäure und dreiwertiges Eisen, die zur Laugung (in Lösung bringen) von Metallen und Metalloiden aus den Erzen beitragen (Johnson & Hallberg, 2003). Die Auflösung sulfidischer Erze wird durch diese mikrobiellen Prozesse und Reaktionsprodukte entscheidend beschleunigt und die Erzeugung schadstoffbelasteter Grubenwässer vorangetrieben.

Auch in sauerstoffarmen Bergwerkszonen spielen mikrobielle Stoffwechselprozesse, wie Eisen- und Sulfatreduktion, eine wichtige Rolle und sind häufig an DOC gekoppelt (Abbildung 3). Mikroorganismen tragen damit entscheidend zum Kohlenstoff-, Stickstoff-, Eisen- und Schwefelkreislauf in bergbaubeeinflussten Gebieten bei. Abhängig von pH-Wert, verfügbarer Sauerstoff und geochemischen Parametern setzen sich die mikrobiellen Lebensgemeinschaften unterschiedlich



Abb. 2: Messungen untertege. Wartung der Pegelstellen (links), Automatische Probenahme und kontinuierliche UV-Vis Spektrometermessung (Mitte), Probenahme an Tropfstelle während der 2-3- wöchigen Kampagnen (rechts)

zusammen (Johnson & Hallberg, 2003, Hedrich & Schippers, 2021). Bei der Mobilisierung von Schadstoffen unter den extremen Bedingungen unter Tage spielen dabei besonders Mikroorganismen, die der Gruppe der Bakterien und Archaeen angehören, eine große Rolle.

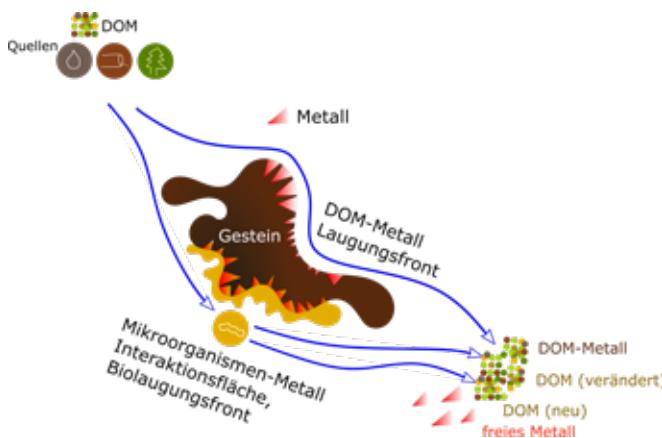


Abb. 3: Überblick zum Einfluss von gelöstem organischen Material und Mikroorganismen auf die Metallmobilisierung

Die Analyse mikrobieller Lebensgemeinschaften erlaubt Rückschlüsse auf deren Rolle bei der Schadstoffmobilisierung, die durch gezielte Änderung der Einflussfaktoren minimiert werden können. Zu diesem Zweck wurden auf den drei Sohlen des „Schwarzen Hirsch Stehenden“ insgesamt 17 Wasserproben und 16 Feststoffproben genommen und die darin vorhandene DNA isoliert. Mittels *Next Generation Sequencing* wurde die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft auf Basis des 16S rRNA-Gens identifiziert.

Dabei zeigte sich, dass mit Ausnahme einer Probe jeweils sowohl Bakterien als auch Archaeen vertreten waren, wobei Archaeen mit einem Anteil von 0,2 - 4,3 % den weitaus geringeren Teil der Gesamtlebensgemeinschaft ausmachten. Die Diversität an den verschiedenen Probenahmestellen war sehr unterschiedlich. Während in manchen Proben nur eine kleine zweistellige Anzahl an verschiedenen Mikroorganismen gefunden wurde, waren in anderen Proben über 300 verschiedene Mikroorganismen vorhanden. In allen Proben wurden Mikroorganismen detektiert, die mit einer Schadstoffmobilisierung in Zusammenhang gebracht werden können. Eine Abhängigkeit der Anzahl unterschiedlicher Mikroorganismen von der Probenahmestelle, dem pH-Wert oder signifikante Unterschiede zwischen Feststoff- bzw. Flüssigproben konnten nicht festgestellt werden.

Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft einer Wasserprobe aus dem unteren Bereich (½ 3. Sohle), die zudem auch die höchsten Schadstoffkonzentrationen aufweist. Fast 84 % der Lebensgemeinschaft besteht aus Mikroorganismen der Gattungen *Leptospirillum*, *Acidithiobacillus* und *Sulfobacillus*. Dabei handelt es sich um säureliebende eisen- und schwefeloxidierende Bakterien, die für ihre Fähigkeit zur Biolaugung von Erzen bekannt sind und zu diesem Zwecke auch bewusst in biotechnologischen Anwendungen eingesetzt werden. Um die Schadstoffmobilisierung und Säureproduktion in der Reichen Zeche und den damit verbundenen Eintrag in das Bergbauwasser zu verringern, könnte ein Ziel sein, diesen Organis-

men die Lebensbedingungen zu erschweren und ihre Anzahl so zu minimieren.

Mikroorganismen sind nicht nur für die unkontrollierte Mobilisierung von Metallen verantwortlich, sondern können auch gezielt zur Behandlung belasteter Bergbauwässer und zur Rückgewinnung von Metallen aus Lösungen eingesetzt werden (Johnson, 2014). Dafür können natürliche Stoffwechselprozesse von Mikroorganismen, die bereits in diesen Habitaten vorkommen und entsprechend an die Bedingungen angepasst sind, gezielt stimuliert werden. Diese Art der Steuerung setzt wiederum ein genaues Verständnis der mikrobiellen Prozesse und Kenntnis der optimalen Bedingungen voraus. Durch die Bestimmung der Lebensgemeinschaft konnten bereits wichtige Erkenntnisse dazu gewonnen werden. Im weiteren Verlauf des Projekts sollen aus den Bergbauwässern die Mikroorganismen, die bei der Schadstoffmobilisierung und für die Behandlung der Wässer eine Schlüsselrolle übernehmen, angereichert und weiter untersucht werden. Eine entscheidende Rolle könnte dabei das Bakterium *Metallobacterium scheffleri* übernehmen, das in der Lage ist, den pH-Wert seiner Umgebung anzuheben (Ziegler et al., 2013). In fast allen Proben wurden diese Bakterien gefunden.

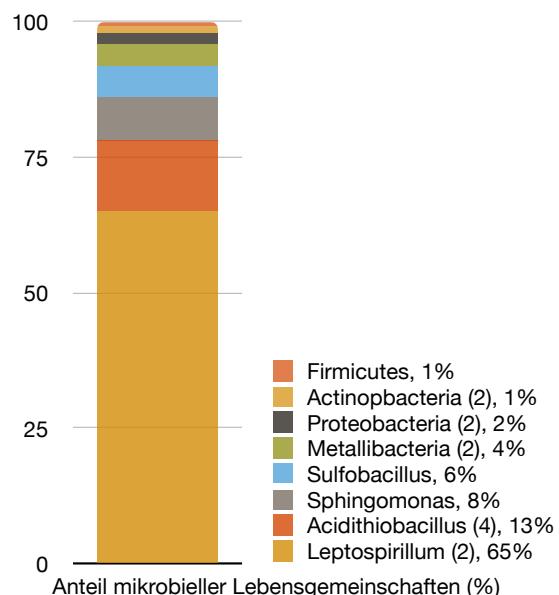


Abb. 4: Mikrobielle Lebensgemeinschaft in Probe B11 aus der ½ 3. Sohle im Bergwerk Reiche Zeche. Die Zahlen in Klammern geben an, dass es sich um mehrere Vertreter der Gattung handelt.

### Identifikation der hydrologischen Quellen und Fließpfade, die zur Mobilisierung der verschiedenen Frachten führen

Mobilisierung und Transport von Frachten aus dem Bergbausystem sind eng an die zeitliche hydrologische Dynamik im Einzugsgebiet und an die räumliche Dynamik der Kettentwicklung im Fließnetzwerk gekoppelt. Um Hotspots verschiedener Kontaminationen und die entsprechenden Fließpfade zu identifizieren, erfassen wir kontinuierlich die Wasserstände an verschiedenen Pegeln und messen die Zusammensetzung des Wassers anhand der Konzentration der stabilen Isotope  $^{2\text{H}}$  und  $^{18\text{O}}$ . Die Probenahme erfolgt dafür an einer Messstelle automatisch. 31 Messpunkte untersuchen wir seit Anfang Februar 2022 ca. alle 2-3 Wochen.

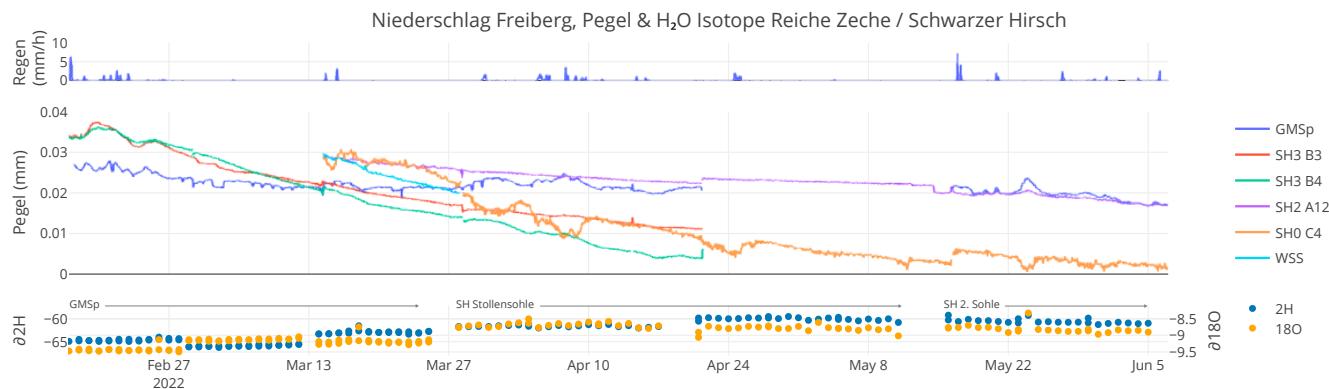


Abb. 5: Überblick über Niederschlag (oben), Pegelstände (Mitte) und Konzentration der Wasserisotope (unten). GMSP: Geharnischter Männer Spath, SH: Schwarzer Hirsch

In Abbildung 5 ist deutlich zu erkennen, dass die Pegel im Februar noch etwas auf Niederschläge reagierten und seitdem auf allen Ebenen abnehmen. Die wenigen Regenereignisse haben bisher keinen starken Effekt im Untergrund. Dennoch ist bemerkenswert, dass die Pegel durchaus Dynamik zeigen und dass sich diese mitunter spiegelbildlich darstellt. Am 24.05.2022 gab es eine solche Situation, die auf sich ändernde Verknüpfungen im Fließnetzwerk hinweist. Hier hat sich neben den Pegeln auch die Isotopenzusammensetzung leicht verändert. Mit den zu erwartenden Niederschlägen im Herbst und Winter wird sich unser Bild komplettieren.

Auf Grundlage dieser Daten leiten wir die dynamischen Wasserverweilzeiten ab und entwickeln ein hydrologisches Modellsystem. Das Modell wird einerseits der Evaluation möglicher Maßnahmen an oberflächlichen Quellbereichen und andererseits der gezielten Entzerrung und Entkopplung von Transportpfaden und Verweilzeiten der Wässer dienen.

Da die Herkunft von Kontaminanten und Fließpfaden zunächst weitgehend unbekannt ist und der Einsatz von Markierungsstoffen unter diesen Bedingungen kaum möglich ist, arbeiten wir mit einem explorativen Monitoring. Das bedeutet, dass wir die erhobenen Daten stets im Bezug zu unseren Hypothesen überprüfen und die Auswahl sowie Beprobungsfrequenz an die Situation anpassen. Einen möglichen Fließpfad haben wir so bereits im „Schwarzen Hirsch Stehenden“ identifiziert, entlang dessen wir weitere Untersuchungen mit durch Isotope markiertem Wasser planen. Sobald Fließpfade und Hotspots der Mobilisierung von Kontaminationen im Modell bestätigt werden können, ändert sich die Datenlage: Dann können die Kontaminanten selbst als Markierungsstoffe betrachtet werden und damit das Modellsystem zunehmend konsolidieren.

## Ausblick

In unserer interdisziplinären Forschung wollen wir erstmals durch biogeochemische, mikrobielle und hydrodynamische Analysen diskrete Hotspots der Schadstofffreisetzung identifizieren. Diese besonders aktiven Bereiche können dann gezielt manipuliert und behandelt werden. Ein hydrologisches Modell unterstützt dabei die Bestimmung kritischer Treiber der Schadstoffmobilisierung, wie DOC und mikrobielle Lebensgemeinschaften, und die Untersuchung des Potenzials von Steuerungsmaßnahmen der raum-zeitlichen Mobilisierungsdynamik und Nutzung des Bergbauwassers. Auf Grundlage unserer Daten und des Modells lassen sich aussagekräftige Monitoringstellen und -variablen identifizieren,

sowie alternative Optionen der Wasserbehandlung planen. Es sollen geeignete Behandlungsmaßnahmen unter Betrachtung deren Wirkung und Kosten evaluiert werden.

## Danksagung

Die Autoren danken der Dr. Erich-Krüger-Stiftung recht herzlich für die Unterstützung und die Möglichkeit zur Durchführung dieser spannenden Studie. Wir danken allen Mitarbeitern des Forschungs- und Lehrbergwerks „Reiche Zeche“ für die stetige Unterstützung und Begleitung bei unseren Probenahmen. Weiterhin möchten wir Dr. Andreas Kluge für die vielen Informationen zu ehemaligen Arbeiten in der Reichen Zeche sowie die Begleitung bei unserer ersten Probenahme danken. Für weitere Unterstützung und Bereitstellung von Informationen danken wir Dr. Nils Hoth, Dr. Christine Stevens (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) und Mirko Martin (GEOS Ingenieurgesellschaft mbH).

## Referenzen

- Baacke, D. (2000) Geochemisches Verhalten umweltrelevanter Elemente in stillgelegten Polysulfiderzgruben am Beispiel der Grube „Himmelfahrt“ in Freiberg/Sachsen. Dissertation, TU Bergakademie Freiberg
- Degner, T. (2003) Prognose von geochemischen Auswirkungen der Nachnutzung stillgelegter Bergbau-Stollen-Systeme am Beispiel des Freiberger Grubenreviers. Dissertation, TU Bergakademie Freiberg
- Johnson, D. B., Hallberg, K. B. (2003) The microbiology of acidic mine waters, Research in Microbiology, 154 (7): 466-473
- Johnson, D. B. (2014) Recent developments in microbiological approaches for securing mine wastes and for recovering metals from mine waters, Minerals, 4(2): 279-292
- Hedrich, S. & Schippers, A. (2021) Distribution of Acidophilic Microorganisms in Natural and Manmade Acidic Environments. In: Current issues in molecular biology. 40: 25-48
- Sanchez, A., Jackisch, C., Hedrich, S., Lau, M. (2022) Dissolved organic carbon effects on the mobilization of metals in a historic mine drainage. Poster. 36th Congress of the International Society of Limnology. Berlin.
- Ziegler, S., Waidner B., Itoh T., Schuhmann, P., Spring, S., Gescher, J. (2013) Metallibacterium scheffleri gen. nov., sp. nov., an alkalinizing gammaproteobacterium isolated from an acidic biofilm. Int J Syst Evol Micr; 63:1499-504.

# Forschung



In einem Schmelzofen werden zukünftig  
Karbonfasern im semi-industriellen Maßstab stofflich verwertet

(vgl. Beitrag „Verwendung von Karbonfasern (KF) als alternatives  
Reduktionsmittel in der Schlackeverwertung“, ab S. 33)

# Klimawandel – was sich die meisten nicht wirklich vorstellen können

Jörg Matschullat, Pedro Herrera Lormendez, Nikolaos Mastrantonas

Bis vor kurzem sagten wir der Öffentlichkeit, dass sich die „Schere“ zwischen halbwegs vertrauten klimatischen Bedingungen in Mitteleuropa (mit etwas mehr Extremwetterung) und eher sehr ungewohnter Ausgesetztheit gegenüber bislang eher unbekannten Stürmen, Dürren, extremen Unwettern und so weiter erst ab den 2040er Jahren öffnen wird.

Inzwischen gibt es starke Gründe zur Annahme, dass wir bereits jetzt in diesem „Öffnungsprozess“ stecken. Das 1,5-Grad-Ziel der Bundesregierung wird nicht zu halten sein – wir dürfen uns glücklich schätzen, wenn wir am Ende dieses Jahrhunderts „nur“ um 2 Grad Celsius höhere globale Durchschnittstemperaturen im Jahr erleben.

Doch was bedeutet das? Bereits jetzt erleben wir Hitzesommer in Mitteleuropa, die nicht allein kreislaufschwache Menschen ganz real bedrohen, sondern zu schlechteren Ernteergebnissen unserer Landwirtschaft führen, die Waldbrandgefahr deutlich erhöhen, die Kühlwasserverfügbarkeit für unsere konventionellen Kraftwerke in Frage stellen und generell die leichte und damit kostengünstige Verfügbarkeit von sauberem Grundwasser deutlich einschränken. Das wird sich verstärken; mit weiteren Konsequenzen auch bei uns: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Regional\\_Fact\\_Sheet\\_Europe.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Europe.pdf).

Der Energiehaushalt unseres Planeten wird wesentlich

von der Sonneneinstrahlung bestimmt. Normalerweise befindet sich diese Einstrahlung im Gleichgewicht mit dem Energieverlust der Erde durch Abstrahlung von Energie in den Weltraum. Ohne die Treibhausgase unserer Atmosphäre könnten wir nicht leben – die globale Durchschnittstemperatur betrüge dann etwa minus 18 Grad Celsius. Real sind es etwa 15 Grad Celsius – und das haben wir den Treibhausgasen, vor allem Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Methan ( $CH_4$ ) und Lachgas ( $N_2O$ ) zu verdanken. Da die solare Einstrahlung um den Äquator am intensivsten ist, muss sich die Hitze verteilen und wird über sehr große atmosphärische und marine Transportvorgänge in jeder Hemisphäre in Richtung der Pole verteilt.

Die Zunahme von Kohlendioxid, vor allem durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, ist die Hauptursache für die globale Erwärmung. Das System Erde reagiert weder linear noch primitiv. In Jahrtausenden hat sich ein komplexes Rückkopplungssystem entwickelt, das uns als Teil des Lebens vor allzu radikalen Veränderungen schützt. Doch dieser Schutzmechanismus hat (bio)physikalische Grenzen. Bei zu großer Belastung dieser Grenzen und auch sehr schnellen Änderungen werden Kippunkte erreicht, jenseits derer das System in neue Fließgleichgewichte gezwungen wird. Bislang kennen wir eine Reihe von Kippelementen, deren Veränderung sich eher deutlich beschleunigend auf den weiteren Klimawandel auswirken wird (Abb. 1).

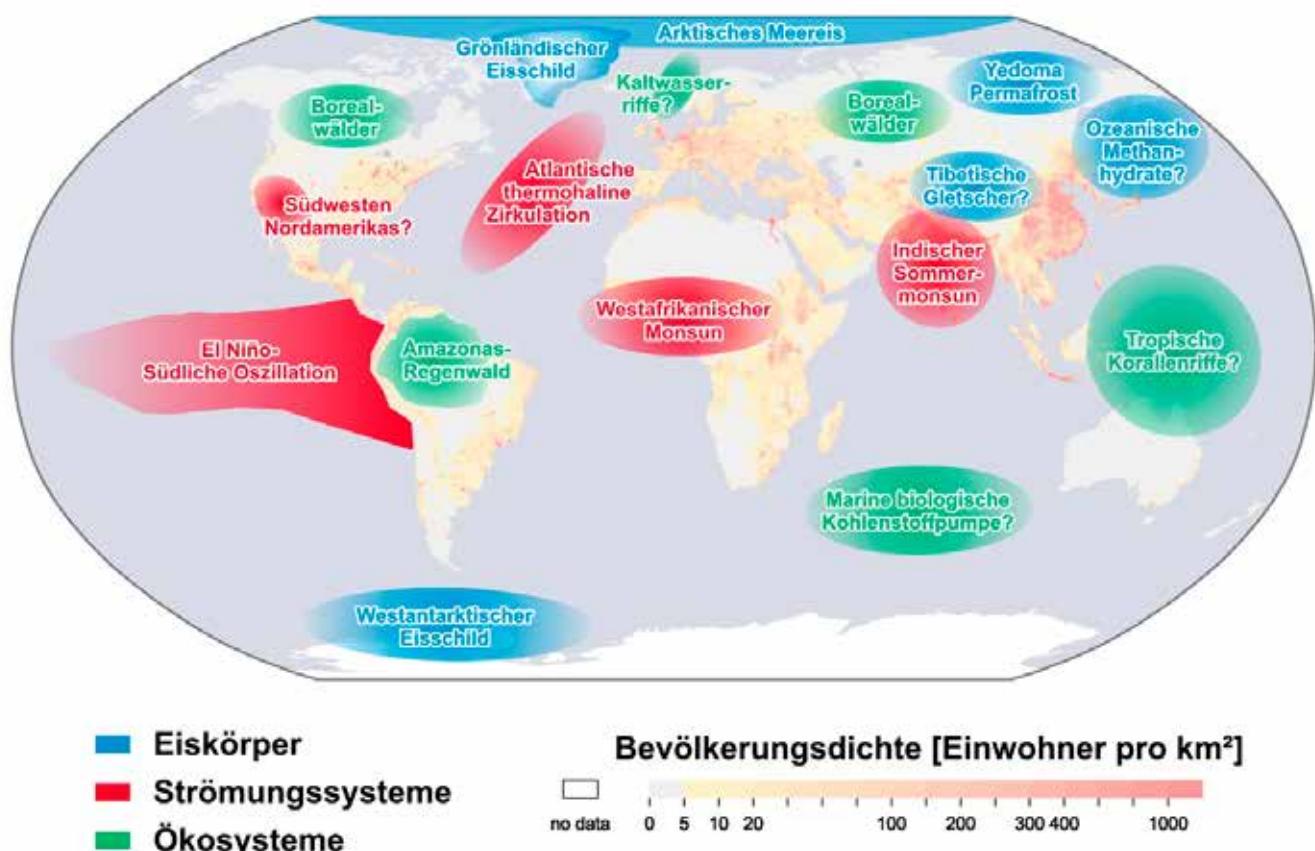


Abb. 1: Globale Kippelemente (<https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente>)

Bestandteil dieser Rückkopplungsmechanismen ist auch die Wechselwirkung zwischen allen Teilen des gesamten Klimasystems, zu dem fast alle Sphären der Erde gehören. So löst zum Beispiel die Erwärmung durch CO<sub>2</sub> auch die Freisetzung von CH<sub>4</sub> aus Permafrostgebieten aus, was die Erwärmung ebenfalls schneller vorantreibt.

Wo Treibhausgase freigesetzt werden ist letztendlich egal. Die angesprochenen Transportvorgänge verteilen die Gase schnell in der gesamten Atmosphäre und etwas verzögert auch in den Weltmeeren. Bislang sind alle Vorstellungen zu technischen Lösungen (wie carbon capture and storage, CCS) nicht annähernd leistungsstark genug, um tatsächlich technologisch dem Klimawandel wesentlich begegnen zu können. Fast alle dieser Ideen verstehen weder das sehr lange „Gedächtnis“ des Klimasystems noch die globalen Kreislaufdynamiken der globalen Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe.

Ein weiteres Nicht- oder Missverständnis bezieht sich auf die Dynamik sowohl der Atmosphäre als auch der marinen Prozesse von der Meeresoberfläche bis in größte Tiefen. Während die Troposphäre relativ schnell auf Veränderungen reagiert, sind die Ozeane erheblich träger. Doch ebenso wie unsere Atmosphäre sind die Ozeane „geschichtet“ und die Vorgänge in den einzelnen Schichten verhalten sich weder gleich noch homogen. Das gilt es stets zu berücksichtigen.

## Großwetterlagen

Eine Reaktion der atmosphärischen Dynamik ist die Bildung bevorzugter Luftströmungen, die sich überall auf der Erde ein wenig anders darstellen. Dabei geht es weniger um Windgeschwindigkeiten als um die Herkunft von Luftmassen. Je näher wir den Polen sind, desto stärker werden die Unterschiede zwischen dem Sommer- und dem Winterhalbjahr bzw. den Jahreszeiten – auch mit gegenläufigen Tendenzen. Wenn über mehrere Tage dieselbe Luftströmung vorherrscht, dann sprechen wir von einer Großwetterlage, weil das Wetter an einem Ort kaum Veränderungen zeigt. Mitteleuropa und damit Deutschland liegen in einer Zone der Westwinddrift. Wir erwarten dominant Winde aus westlichen Richtungen, unabhängig von der Jahreszeit. Das bringt uns maritime Luftmassen aus dem Atlantik (Abb. 2). Doch bereits seit den späten 1950er Jahren verschiebt sich diese Konstellation. Während die Anströmung zunächst über mehrere Jahrzehnte vor allem aus Nordwesten zugunsten von südwestlichen Anströmungen abnahm, sehen wir jetzt ganz neue Verhältnisse, die sich in absehbarer Zukunft noch deutlich verstärken werden. Ersteres (mehr Südwest) führt zu mehr Wärme aus dem Bereich des mittleren Atlantiks und damit auch zu mehr Feuchtigkeit.

Doch das, was wir in den Hitzesommern von 2018, 2019, 2020 und 2022 erlebt haben – massive Trockenzeiten und sehr stabile Witterung über viele Wochen – wird sich deutlich verstärken (Abb. 2). Das ist zugleich an einen zunehmenden Einfluss kontinentaler Luftmassen (= trockener) gekoppelt. Die regelmäßigen Niederschläge nehmen ab, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von länger andauernden Trockenzeiten nimmt zu – doch ebenso das Risiko von sehr heftigen Starkregenereignissen, wie es die Region Sachsen im August 2002 erleben musste.

Die grundlegende Ursache dafür ist der größere Wärmeinhalt der tropischen Luftmassen und damit deren Ausdehnung auf beiden Erdhalbkugeln in Richtung der polaren Regionen. Bereits jetzt erwärmen sich die polaren Regionen seit längerem weit überproportional stark. Dieser – per se vollkommen natürliche und physikalisch logische – Wärmeausgleich an der Oberfläche unseres Planeten führt zwangsläufig zu einer Veränderung der Großwetterlagen, also der „typischen“ Luftmassenanströmung von Europa im Jahresgang.

## Großwetterlagen und Wetterextreme

Es verändern sich also die Großwetterlagen und deren Verteilung in Zeit und Raum (nicht nur bei uns in Mitteleuropa; Abb. 2). Zugleich zeigen Großwetterlagen ein für sie typisches Verhalten im Hinblick auf das mit ihnen verbundene Wetter. Jede Luftmassenherkunft, die darin transportierte Wärme und die mitgeführte Feuchtigkeit tragen zum konkreten Wetter entlang dem geographischen Weg bei, den die Luftmasse nimmt. Deshalb wissen wir, dass maritime und warme Luftmassen mehr Feuchtigkeit transportieren und damit auch abregnen können, während kontinentale Luftmassen, also solche die uns eher aus östlichen Richtungen erreichen, mit Dürre verbunden sein können (Abb. 2). Sobald eine Großwetterlage über mehr als ein paar Tage dominiert, steigt das Risiko von Extremwetter. Das können langanhaltende Trockenheiten sein oder auch überdurchschnittlich ergiebige Niederschläge. Es können außergewöhnliche Frosttage sein oder eben auch besonders heiße tropische Tage und auch Nächte, die daraus folgen.

Wir fragen uns, ob es möglich ist, zukünftige Wetterlagen zu berechnen – und über deren Persistenz (also Verharren über einer Region) herauszufinden, welche Extremwitterung damit verbunden sein kann. Nach heutiger Erkenntnis ist das möglich. Wir nutzen Langzeitzbeobachtungen, die vor allem in Europa meist schon seit den 1870er Jahren zur Verfügung stehen und analysieren das Auftreten von Großwetterlagen und die damit verbundene Witterung unter besonderer Berücksichtigung von Extremwetter in der Vergangenheit (Abb. 3).

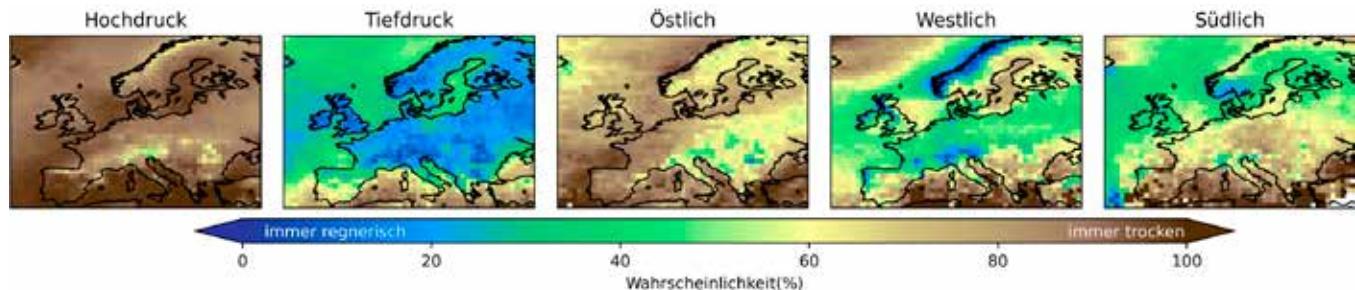


Abb. 2: Niederschlags- bzw. Trockenheitswahrscheinlichkeit im europäischen Sommer bis 2100

Wenn wir das verstehen, arbeiten wir in einem zweiten Schritt daran, diese Dynamik für zukünftige Ereignisse herauszufinden. Grundlage dafür sind sogenannte numerisch-dynamische Klimamodelle. Das sind physikalische Modelle unseres Klimasystems. Wenn diese mathematischen Modelle in der Lage sind, vergangene klimatische Verhältnisse einschließlich der Gegenwart korrekt zu simulieren, dann trauen wir ihnen zu, auch zukünftige Verhältnisse mit hinreichender Genauigkeit zu projizieren.

Dann – und nur dann – lassen sich numerische Klimamodelle nutzen als ob sie in der Lage wären, zukünftige Wetterberichte zu liefern. Die Klimamodelle zeigen uns, wann wo welche Wetterlage mit welcher Wahrscheinlichkeit auftritt und welche Witterung sich daraus ergibt. Das nutzen wir in Kombination der reinen Atmosphärenphysik mit leistungsfähigen statistischen Werkzeugen, um herauszurechnen, mit welcher Wahrscheinlichkeit wo (geographisch) wann welche Extremwetterverhältnisse auftreten werden (Abb. 3).

### Das EU-Projekt ITN C.A.F.E.

Im Rahmen des EU-finanzierten Projektes C.A.F.E. (Climate-Advanced Forecasting of sub-seasonal Extremes; <http://www.cafes2se-itn.eu/>) arbeitet Doktorand Pedro Herrera Lormendez (MSc in Angewandter Meteorologie aus Reading, England) an der Analyse zukünftiger Extremereignisse bei uns in Mitteleuropa. Doktorand Nikolaos Mastantonas (MSc in Hydrologie aus Delft, Niederlande) hingegen fokussiert in seiner Arbeit auf Extremwetterereignisse im Mittelmeerraum. Beide sind sogenannte Early Stage Researchers (ESRs) im Internationalen Trainings-Netzwerk (ITN) C.A.F.E., das seit März 2019 und noch bis Februar 2023 finanziell unterstützt wird (<https://cordis.europa.eu/project/id/813844>). Neue Werkzeuge gilt es zu erarbeiten, die sowohl unser Verständnis für Extremwetter und dessen Eintrittswahrscheinlichkeit deutlich verbessern, als auch die Vorhersagefähigkeit solcher Extremereignisse nach vorne schieben. Nur dann haben wir mehr (genug) Zeit für den Schutz der Bevölkerung und von Infrastrukturen und können reagieren, bevor große Unglücke auftreten (Negativbeispiel Hochwasser im Ahrtal in 2021).

Insgesamt engagieren sich zwölf außergewöhnliche Doktorand:innen aus China, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Indien, Italien, Mexiko, Spanien, und Tunesien im Projekt, in dem Universitäten und Forschungszen-

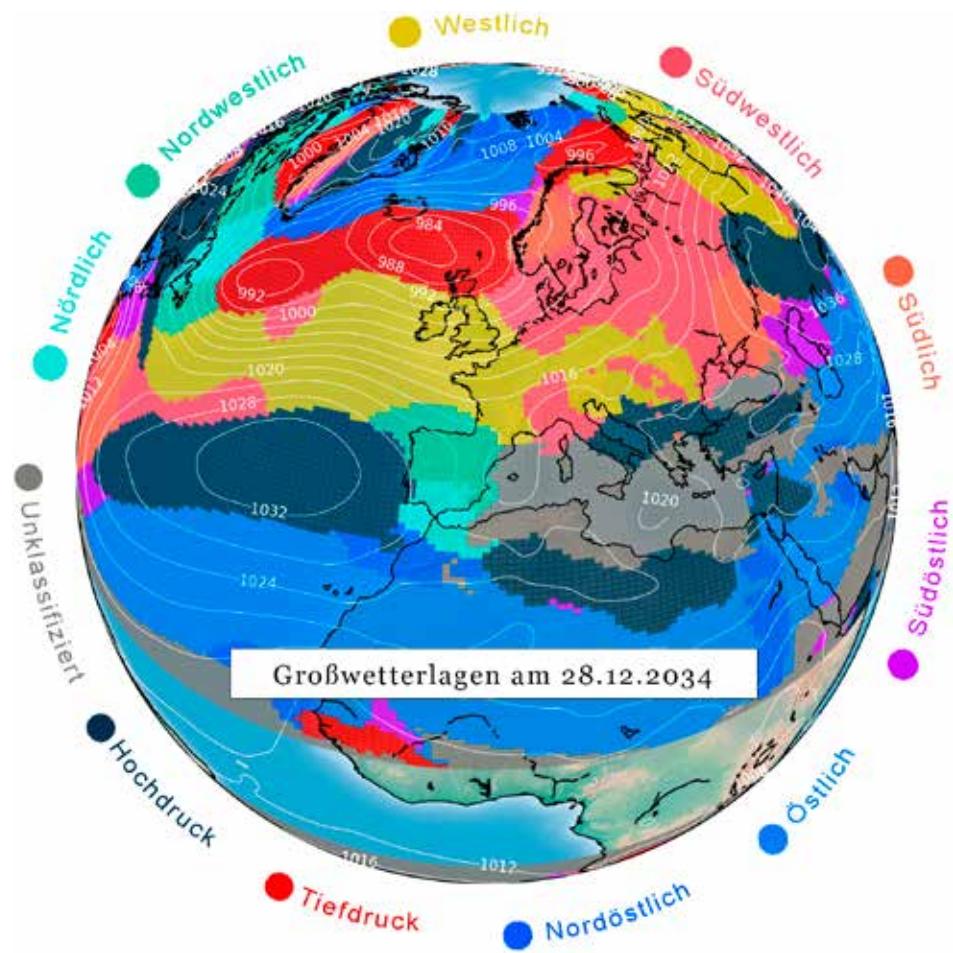


Abb. 3: Beispiel für eine Wetterlagenprojektion am 28. Dezember 2034 mit Blick auf Europa, den Mittelmeerraum und das nördliche Afrika. Die farbigen Flächen zeigen die Lage der an diesem Tag jeweils lokal/regional vorherrschenden, vereinfacht klassifizierten, Großwetterlagen.

tren in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Spanien und Uruguay zusammenarbeiten. Dazu kommen weitere assoziierte Partnerinstitutionen. Ohne diese Konstellation wäre es uns nicht möglich, in so relativ kurzer Zeit solche Fortschritte machen zu können. Jede(r) Doktorand:in absolviert mindestens zwei Praktikumsaufenthalte in einem anderen Land mit anderen Partnern, um den Horizont zu erweitern und zusätzliche Methoden zu lernen. Das sind neben den internationalen Kursen bei den besten Institutionen weltweit (Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage, ECMWF; Nationale Ozean- und Atmosphärenadministration der USA, NOAA; Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK, ...) auch Workshops und die Teilnahme an Tagungen wie der American Geoscience Union (AGU) und der European Geoscience Union (EGU) sowie sehr speziellen Veranstaltungen mit wenigen, ausgewählten Teilnehmer:innen.

Bei uns in Freiberg haben die Arbeiten bereits die folgenden Früchte getragen; in Form von Publikationen: <https://doi.org/10.1002/joc.7481>, <https://doi.org/10.1002/joc.6985>, <https://doi.org/10.1002/qj.4236>, sowie ein paar kurzen Videos: <https://youtu.be/KNDckj4JRvg> und <https://youtu.be/idWnrXLg-Ao>

Ernst gemeinte offene Fragen versuchen wir gerne zu beantworten.

#### Kontakt

[matschul@tu-freiberg.de](mailto:matschul@tu-freiberg.de)

# Kontaktlose Materialidentifikation und Digitalisierung für die Realisierung geschlossener Stoffkreisläufe

Christian Röder<sup>1</sup>, Margret Fuchs<sup>2</sup>, Titus Abend<sup>1,2</sup>, Jan Beyer<sup>1</sup>, Nadine Schüler<sup>3</sup>, Sandra Lorenz<sup>2</sup>, Kay Dornich<sup>3</sup>, Richard Gloaguen<sup>2</sup>, Johannes Heitmann<sup>1</sup>

## Motivation

Auf eine der drängendsten Fragen unserer modernen Gesellschaft, nämlich nach einem nachhaltigen, verantwortungsbewussten Umgang mit unseren natürlichen Rohstoffquellen, ist der Aufbau einer effizienten Kreislaufwirtschaft eine mögliche Antwort. Den Ressourceneinsatz, die Emissionen und den Energieverbrauch gilt es durch den Einsatz geschlossener Stoffkreisläufe zu minimieren. Das bedeutet, dass wir uns neben einer effizienten Nutzung der Rohstoffe auch mit einer exponentiell steigenden Abfallmenge auseinandersetzen müssen. Bisher wird allerdings nur ein kleiner Anteil aller Abfälle recycelt. Ein Grund dafür ist die zunehmende Komplexität der global anfallenden Recycling-Stoffströme, die eine rasche Weiterentwicklung der Inline-Rohstoffcharakterisierung unabdingbar macht.

Die TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) und das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcenelemente (HIF) sind im Bereich der Lumineszenz-Forschung schon seit vielen Jahren aktiv. Die Lumineszenz-Spektroskopie bezeichnet die Untersuchung der optischen Strahlung eines physikalischen Systems, die beim Übergang von einem – oft durch Laserlicht erzeugten – angeregten Zustand zum Grundzustand entsteht. Am Institut für Angewandte Physik der TUBAF kommen solche spektroskopischen Methoden vor allem zur Charakterisierung von Defekten in Halbleiter- und Oxidmaterialien zum Einsatz. Die Kompetenzen wurden und werden im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten ausgebaut, um spektroskopische Messungen auch für die Charakterisierung von Rohstoffen und Recyclingmaterialien nutzbar zu machen. Gemeinsam mit nationalen Projektpartnern wie dem HIF und der Freiberg Instruments GmbH, einem erfolgreichen High-tech-Unternehmen mit Sitz in Freiberg, und internationalen Partnern werden Multisensor-Technologien in Kombination mit digitalen Plattformen für die Inlinecharakterisierung von Rohstoffen und Recyclingmaterialien entwickelt.

## Identifikation und Kartierung von Selten-Erd-Elementen

Im Rahmen des mittlerweile erfolgreich abgeschlossenen Projekts „inSPECTor“<sup>1</sup> (2017 – 2020) konnte die Reflektanz- und Photolumineszenz-Spektroskopie in einem agilen Sensorsystem zusammengeführt werden, um die Lagerstättenerkundung von Selten-Erd-Elementen und die entsprechende Kartierung von Gesteinsproben effizienter zu gestalten. Selten-Erd-Elemente sind essentielle Bestandteile für viele moderne Hightech-Produkte, wie beispielsweise Leuchtdioden,

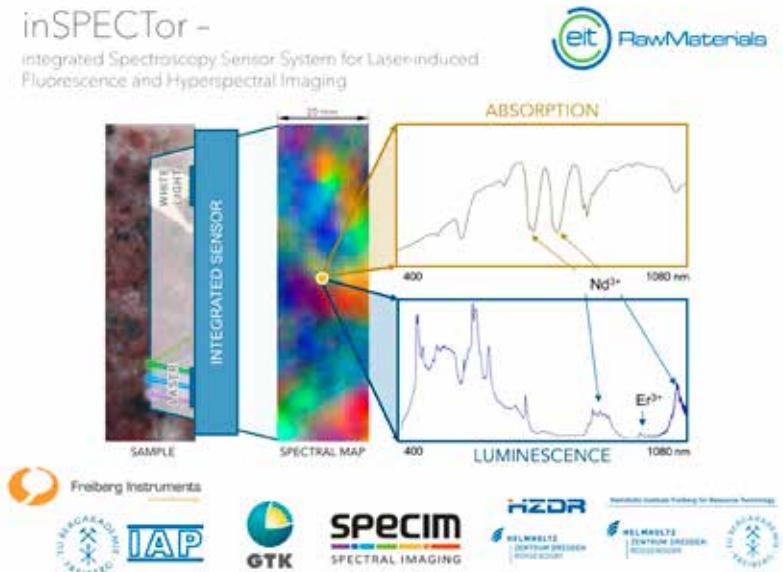


Abb. 1: Das Schema veranschaulicht das innovative Konzept des Projekts „inSPECTor“ und zeigt das an den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten beteiligte internationale Konsortium. Quelle: HZDR/Sandra Lorenz (2017)

Windkraftanlagen, Katalysatoren oder in elektrischen Antrieben. Aufgrund des ständig wachsenden Bedarfs an Selten-Erd-Elementen ist das Erschließen von neuen Selten-Erd-Element-Lagerstätten von großer strategischer Bedeutung. Die Kombination aus Reflektanz- und hochempfindlicher Photolumineszenz-Spektroskopie (oder auch laserinduzierter Fluoreszenz – LiF) wurde im Projekt genutzt, um natürliche, mit Selten-Erd-Elementen angereicherte Mineralproben von Lagerstätten aus der ganzen Welt zu charakterisieren. In Abbildung 1 ist das Projektkonzept schematisch dargestellt.

Die erfolgreiche Integration der Ergebnisse erwies sich als innovatives Konzept für die kontaktlose und zerstörungsfreie Selten-Erd-Element-Identifikation und zeigte im Vergleich zu bisher eingesetzten Charakterisierungsverfahren eine höhere Zuverlässigkeit und ein erweitertes Spektrum an nachweisbaren Selten-Erd-Elementen. Darüber hinaus konnte in dem von der EIT RawMaterials GmbH geförderten Projekt demonstriert werden, dass die laserinduzierte Fluoreszenzbildgebung in der Lage ist, verschiedene Selten-Erd-Elemente auch in größeren und komplexeren, geologisch

1 TU Bergakademie Freiberg, Institut für Angewandte Physik, Leipziger Str. 23, 09599 Freiberg

2 Helmholtz-Institut für Ressourcenelemente, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg

3 Freiberg Instruments GmbH, Delfter Str. 6, 09599 Freiberg

## Kontakt

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Angewandte Physik, Leipziger Straße 23, 09599 Freiberg  
johannes.heitmann@physik.tu-freiberg.de

1 „inSPECTor“ – integrated spectroscopy sensor system for laser-induced fluorescence and hyperspectral imaging.

bedeutenden Proben wie Gesteinsstücken zu detektieren und zu unterscheiden. Durch die Entwicklung eines Linien-Scan-Verfahrens (2D-LiF-Scanning), das mit den räumlichen Detektionsparametern der Reflektanz-Spektroskopie durch die Nutzung eines gemeinsamen Detektors perfekt aufeinander abgestimmt ist, kann die räumliche Verteilung der charakteristischen Selten-Erd-Element-Lumineszenzen zeiteffizient registriert und kartiert werden (Abbildung 2). Zur Validierung der Methodik wurden darüber hinaus komplementäre SEM-EDS-Experimente durchgeführt, um die aufgenommenen Photolumineszenz-Signaturen eindeutig bestimmten Selten-Erd-Elementen zuzuordnen. Aufbauend auf diesen Arbeiten wurde im Rahmen des Projekts ein bildgebendes LiF-Sensorsystem für die Selten-Erd-Element-Detektion entwickelt, das sowohl zu effizienten Linien-Scans für LiF als auch hyperspektraler Bildgebung (Reflektanz-Spektroskopie) fähig ist.

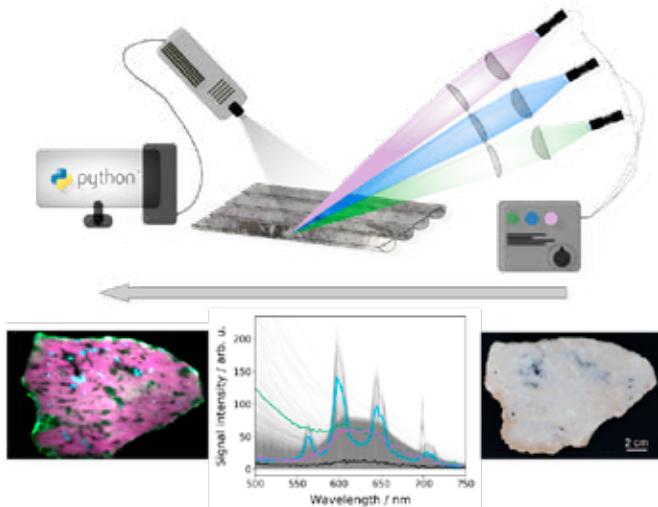


Abb. 2: Mit dem entwickelten Bohrkern-Scanner und dem Linien-Scan-Verfahren (oben) kann die laserinduzierte Fluoreszenz von Selten-Erd-Elementen beispielsweise in Mineralproben oder Gesteinsstücken (unten – rechts) effizient detektiert werden. Die Luminesenzspektren (unten – Mitte) wurden mit einer Wellenlänge von 405 nm angeregt. Mit Hilfe von Auswertealgorithmen wurden die Spektren klassifiziert: (i) schwarz: Untergrund, keine Emission (ii) violett: unspezifische Emission (iii) grün: verwittertes Material und (iv) blau: charakteristische Lumineszenzsignaturen von Selten-Erd-Elementen. Das Falschfarbenbild (unten – links) zeigt die laterale Verteilung von Selten-Erd-Elementen. Quelle: HZDR/Titus Abend (2019)

### Modulare Erweiterung des Multisensorsystems

Im Bereich der Stoffstromanalyse und der sensorbasierten Sortierung werden beim Recycling bisher meist spezialisierte Einzelsensoren eingesetzt, die auf einer Proben- und Materialcharakterisierung über magnetische, induktive, optische oder spektroskopische Eigenschaften basieren. Raman-Spektroskopisch lassen sich beispielsweise Komponenten im Recyclingstrom identifizieren, die eine Vielzahl kritischer oder wirtschaftlich nutzbarer Rohstoffe (z. B. Ge, Se, Te und binäre Verbindungen mit Ga, In, Sb) enthalten. Die Raman-Spektroskopie eignet sich besonders zur Aufklärung struktureller Informationen. Es lassen sich organische Komponenten beim Recycling von Elektronikschrott (z. B. Plastik) hinsichtlich des Wasserstoff-, Sauerstoff- und Kohlenstoffgehalts identifizieren und spezifizieren. In dem ebenfalls von der EIT Raw-Materials GmbH geförderten Folgeprojekt „RAMSES-4-CE“<sup>2</sup>

<sup>2</sup> „RAMSES-4-CE“ – Raman, Absorption and eMission Spectroscopy in an intEgrated Sensor for the Circular Economy. Weitere Informationen unter: [www.ramses4ce.eu](http://www.ramses4ce.eu)

(2020 – 2024) soll das in „inSPECTor“ entwickelte Sensorsystem als modulare Plattform um eine Raman-Sonde ergänzt und damit das Anwendungsfeld des Multisensorsystems auch auf Recycling-Stoffströme (insbesondere im Hinblick auf Plastik und Elektronikschrott) erweitert werden (Abbildung 3). Zusammen mit einer intelligenten Datenintegration und Datenverarbeitungsprozessen, die auf Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens basieren, werden so die Stärken der einzelnen Sensoren miteinander kombiniert, um den Anforderungen an das Recycling von Stoffströmen räumlich und zeitlich variabler Zusammensetzung zu begegnen. Dabei ist die schnelle Identifikation wirtschaftlich nutzbarer Rohstoffe für eine adäquate Klassifikation und Sortierung essentiell und damit den – auf eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft ausgerichteten – Recyclingstrategien inhärent. Neue Konzepte betrachten darüber hinaus auch weitere Komponenten, wie beispielsweise gefährdende und giftige Stoffe, die einer gesonderten Behandlung bedürfen, oder Reststoffe, die einer energetischen Verwertung zugeführt werden können. Diese Informationen werden insbesondere in ganzheitlichen Ansätzen herangezogen und genutzt.

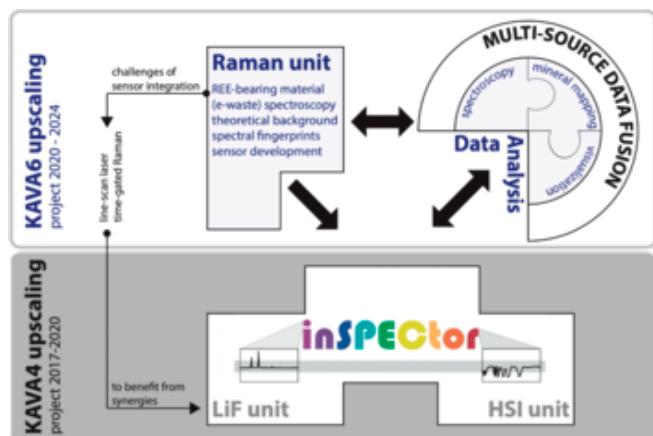


Abb. 3: Das Schema veranschaulicht das Konzept des Projekts „RAMSES-4-CE“ aufbauend auf den Ergebnissen von „inSPECTor“. Quelle: [www.ramses4ce.eu](http://www.ramses4ce.eu)

### Digitalisierung des mechanischen Recyclings

Die Schaffung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft muss auch im Kontext der Energiewende betrachtet werden. So schafft das Kompetenzcluster „Recycling & Green Battery“, welches vom Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) gefördert wird, die Grundlagen für das nachhaltige Recycling von Batterierohstoffen und liefert damit einen wichtigen Beitrag für die Schließung von Stoff- und Materialkreisläufen. Auf dem Weg zur „Grünen Batterie“ ist eine hohe Recyclingrate der Wertstoffe unabdingbar. Diese kann beispielsweise durch verbesserte Trennprozesse im Recyclingstrom erfolgen. Im Rahmen des Projekts „DIGISORT“<sup>3</sup> (2021 – 2023) wird deshalb an der Digitalisierung mechanischer Trennprozesse im Recycling am Beispiel der Windsichtung von Schreddergut der Lithium-Ionen-Batterien geforscht. Dieses Verbundprojekt wird federführend vom Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik von Prof. Urs Peuker und Dipl.-Ing. Alexandra Kaas koordiniert. Ziel der Forschung ist es, (i) Alumini-

<sup>3</sup> „DIGISORT“ – Digitalisierung mechanischer Sortierprozesse beim mechanischen Batterierecycling.

um- und Kupferfolien, die als Elektrodengrundmaterial in der Lithium-Ionen-Batterietechnologie zum Einsatz kommen, für eine Wiederverwendung zu sortieren und aufzubereiten, und (ii) die notwendigen Trennprozesse im digitalen Raum abzubilden und in einen digitalen Zwilling zu überführen. Hierfür werden die zerkleinerten Partikel der unterschiedlichen Metallfolien am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik in einem sogenannten Windsichter getrennt. Windsichten bezeichnet ein mechanisches Trennverfahren, bei dem Partikel nach Gesetzen der Schwerkraft und Fliehkräfte in einem Luftstrom sortiert werden. Um die Grundlagen für den digitalen Zwilling zu schaffen, werden charakteristische Parameter des Recyclingstroms wie Partikelgröße, Partikelform und stoffliche Partikeleigenschaft für Eingangs- und Produktstrom mithilfe von spezialisierten bildgebenden optischen und spektroskopischen Verfahren untersucht. Ein Multisensorsystem soll die Daten online direkt im Windsichter erfassen und die zu verwertenden Partikel in Echtzeit identifizieren und analysieren. Zusätzlich zur Echtzeit-Erfassung des Trennprozesses stellt hier insbesondere die dreidimensionale Bewegung der Partikel im Luftstrom eine sensor- und informationstechnische Herausforderung dar. Das räumlich und zeitlich aufgelöste Monitoring der Materialströme soll die Sortierung und Aufbereitung verbessern, indem mit und aus den gewonnenen Daten eine adaptive Regelung des



Abb. 5: Die drei verantwortlichen Partner (v.l.n.r. Dr. Kay Dornich, Freiberg Instruments GmbH; Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, TUBAF und Dr. Jens Gutzmer, HIF) eröffnen das gemeinsame Labor LUNA Lab am HIF.

Quelle: HZDR/Sylvio Dittrich (2021)

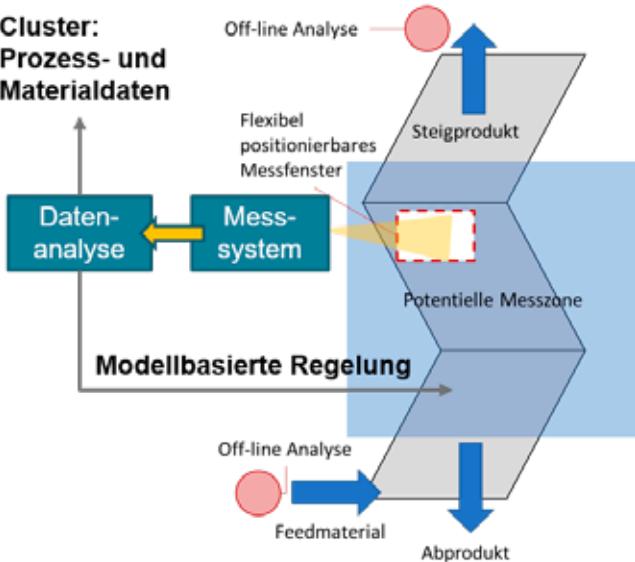


Abb. 4: Das Schema veranschaulicht das Konzept des Projekts „DIGISORT“ zur Digitalisierung mechanischer Sortierprozesse beim mechanischen Batterierecycling.

Quelle: TUBAF/MVTAT (2021)

Sortierprozesses entwickelt wird. Das bedeutet, dass für die Datenanalyse lernfähige Methoden verwendet werden, die auf Werkzeugen aus dem Bereich des maschinellen Lernens beruhen. Hierfür steuern Forschende aus dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik sowie dem Institut für Angewandte Physik der TUBAF, vom HIF und vom Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme ihre Expertise bei. Die Entwicklung der zum Einsatz kommenden Charakterisierungsverfahren und Auswertemethoden für einen vertikalen Partikelstrom und die Zusammenführung der methodenspezifisch erhobenen Daten in Echtzeit stellt dabei ein neuartiges Konzept zur Digitalisierung der Recyclingkette dar, welches schematisch in Abbildung 4 gezeigt ist. Die im Rahmen von DIGISORT angestrebte Entwicklung der kombinierten Messtechnik mit partikeldiskreter Auflösung ist ein exzellentes Beispiel für die synergetische Verbindung von Anwendungsfragestellung und Grundlagenforschung, aus der vielversprechende Innovationen hervorgehen können. Die entstandene Mess- und Regelungstechnik kann zukünftig entlang der gesamten Recyclingkette zur Qualitätsüberwachung und Inline-Datenakquise genutzt werden. Dabei sind diese Charakterisierungskonzepte nicht nur auf Recyclingprozesse von Lithium-Ionen-Batterien beschränkt, sondern können an eine Vielzahl weiterer Anwendungsfälle angepasst werden.

#### Gemeinsam genutzte Forschungsinfrastruktur

Die Verwertung der Projektergebnisse aus der erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Angewandte Physik der TUBAF, dem HIF und der Freiberg Instruments GmbH mündete in den Aufbau einer gemeinsam genutzten Forschungsinfrastruktur. Über die am HIF beheimatete Forschungseinrichtung **HELIOS Lab** wurde in der zurückliegenden Ausgabe<sup>4</sup> ausführlich berichtet. Das

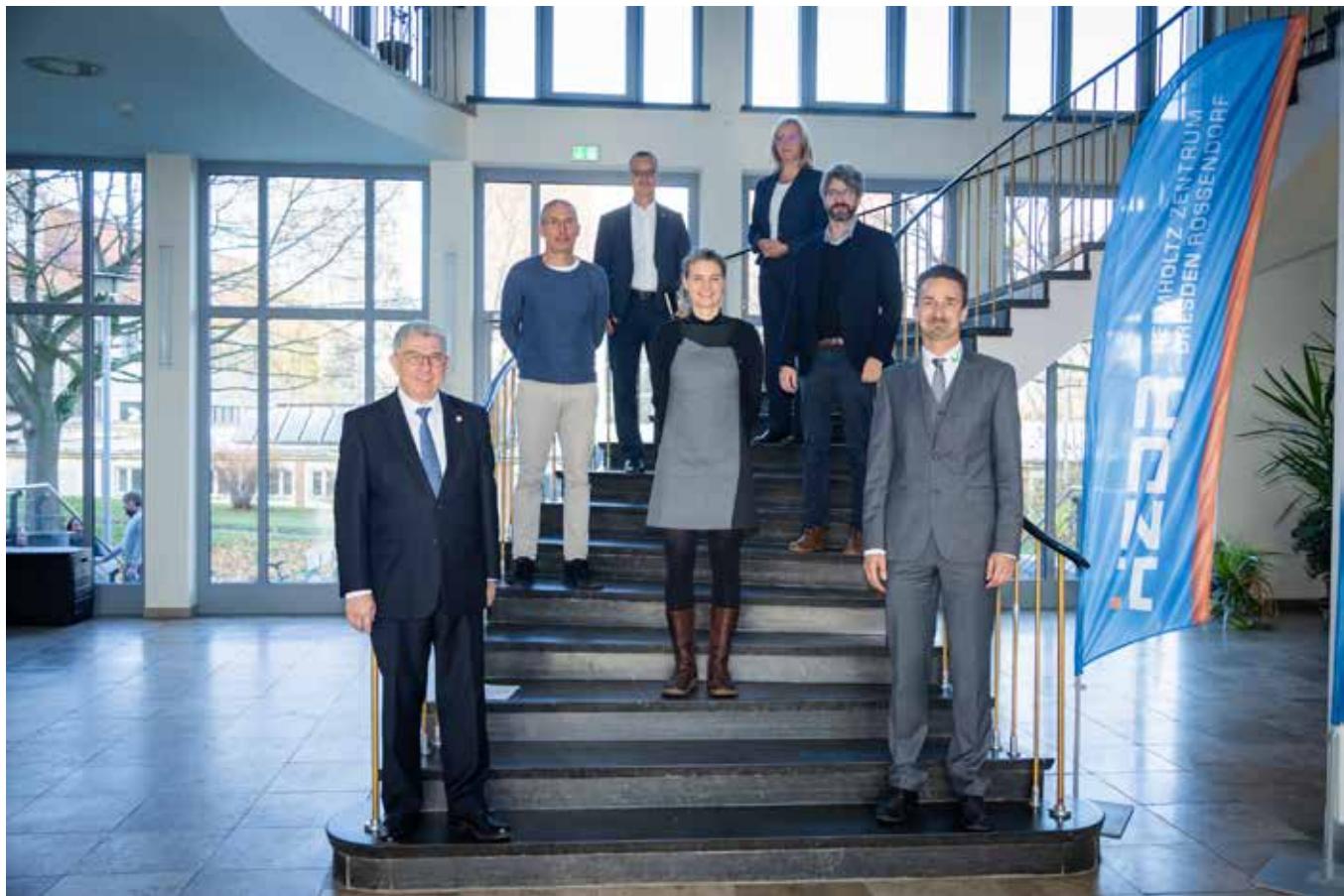


Abb. 6: Eröffnung des LUNA Lab am HIF (v.l.n.r.: Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht (TUBAF), Dr. Richard Gloaquer (HIF), Dr. Jens Gutzmer (HIF), Dr. Margret Fuchs (HIF), Dr. Simone Raatz (HIF), Prof. Dr. Johannes Heitmann (TUBAF) und Dr. Kay Dornich (Freiberg Instruments GmbH)). Quelle: HZDR/Sylvio Dittrich (2021)

Konzept des HELIOS<sup>5</sup> Lab beruht auf der Verwendung bildgebender Sensoren und der Nutzung maschinellen Lernens, um jedes Objekt auf einem Förderband zu kartieren und Echtzeitinformationen für eine bessere Sortierung und Verarbeitung bereitzustellen.

Am 4. November 2021 wurde in Anwesenheit von Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht (TUBAF), Dr. Jens Gutzmer (HIF) und Dr. Kay Dornich (Freiberg Instruments GmbH) das gemeinsame Labor zur Lumineszenz-Forschung LUNA Lab am Standort HIF eröffnet (Abbildung 5 und 6). Ausgestattet wird das Labor mit Geräten und Spezialmesstechnik der Firma Freiberg Instruments GmbH. Das Labor ist auf die Methodenentwicklung im Bereich spektroskopischer Messungen für die Erkundung und Charakterisierung von Materialien, zum Beispiel die laserinduzierte Fluoreszenz, ausgerichtet. Von diesem Phänomen der Emission von optischer Strahlung (Licht), die wegen der geringen Signalintensität im Dunkeln gemessen wird, leitet sich der Name des Labors ab: LUNA Lab (lateinisch luna für Mond).

In den kommenden Jahren sind Forschungsarbeiten zu zwei Schwerpunkten geplant: im Bereich der Spektroskopie wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Dr. Magret Fuchs, Leiterin des Labors seitens des HIF, charakteristische Lumineszenzeigenschaften zur Mineralidentifikation untersuchen, beispielsweise in Bezug auf kritische Rohstoffe wie Selten-Erd-Elemente. Damit können Routinen zur Mineral-Kartierung entwickelt und gleichzeitig die Da-

tenverarbeitungsprozesse verbessert werden. Die Integration der Ergebnisse aus der hyperspektralen Bildgebung ist ebenfalls vorgesehen.

Seitens der TUBAF wird das neue LUNA Lab von Prof. Dr. Johannes Heitmann geleitet. Neben geo-chronologischen Untersuchungen, die in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Geochemie und Geoökologie der TUBAF erfolgen, interessieren die Forschenden darüber hinaus grundlegende Phänomene und Eigenschaften, die zu den Lumineszenzerscheinungen in den Materialien führen. Die eingesetzten Messgeräte werden entsprechend der wissenschaftlichen Vorgaben adaptiert und optimiert. Damit leistet das LUNA Lab einerseits einen Beitrag zur instrumentellen Weiterentwicklung und andererseits zum wissenschaftlichen Verständnis der involvierten Prozesse bei der optisch stimulierten Datierung.

Die gemeinsame Nutzung von Laboren und Anlagen unterstreicht dabei wiederum den Nachhaltigkeitsaspekt. Die Entwicklung von Lösungen zur Bewältigung der für die Gesellschaft zentralen Herausforderungen des Umwelt- und Klimaschutzes, der effizienten Nutzung von Rohstoffen und natürlichen Ressourcen sowie der nachhaltigen Bereitstellung von Energie bildet eine wesentliche Motivation der Forschenden.

### Danksagung

Die Autoren danken den Projektträgern für die finanzielle Unterstützung der dargestellten Forschungsaktivitäten (Förderkennzeichen: 16304 - inSPECTor, 19262 - RAMSES-4-CE, 03XP03374 - DIGISORT).

5 altgriechisch helios für Sonne

# Hybrides on-site

## Membranpilotverfahren zur selektiven Gewinnung von strategischen Elementen aus Biolaugungslösungen

Katja Götze, Roland Haseneder

### Abstract

Der steigende Bedarf an strategischen Elementen erfordert innovative und umweltfreundliche Methoden, die sowohl den wachsenden Herausforderungen hinsichtlich der Extraktion aus immer ärmeren, komplexeren und schwerer zugänglichen Lagerstätten gerecht werden als auch kompatibel sind mit zukunftsorientierten Aufbereitungsverfahren. Mit Focus auf die Elemente Indium und Germanium, die für eine Vielzahl technologischer Produkte wichtig sind und laut EU-Report zu den kritischen Elementen gehören, beschäftigt sich das vorzustellende Forschungsprojekt mit deren selektiven Gewinnung aus *in-situ* gewonnenen Biolaugungslösungen mittels Membrantechnik. [European Commission2020] Dem am ITUN entwickelten hybriden Membranverfahren gehen erfolgreiche Laborstudien voraus, die es in den Pilotmaßstab zu überführen galt, wobei gleichzeitig die Langzeitstabilität des untertägigen Gesamtsystems zu gewährleisten war. Hierfür fand eine Vielzahl von Versuchen bezüglich der Performances der Mikrofiltrations- als auch der Nanofiltrationsstufe mit verschiedenen Feedlösungen statt. Dabei konnte sowohl eine hohe Permeanz erzielt, als auch geeignete Reinigungsverfahren implementiert und eine Erhöhung der Selektivität bezüglich der Zielelemente im Vergleich zu den Laborwerten erreicht werden.

### Einleitung

Obwohl die stetige Verbesserung von Recycling-Strategien einen signifikanten Beitrag zum verantwortungsvollen Resourcenmanagement sowie zur nachhaltigen Nutzung leisten kann, ist der weltweite Bedarf selbst bei einer 100%igen Recyclingquote nicht zu decken. [ProcessNet2015] Biohydrometallurgie offeriert einen vielversprechenden Ansatz sich dieser Herausforderung anzunehmen, im vorliegenden Fall durch die Kombination von *in-situ* Extraktion und *on-site* Membrantechnik als ersten Aufbereitungsschritt der metallionenreichen Biolaugungslösung. [Schlüter2015; Werner2018; Meschke2020] Biohydrometallurgie, die Laugung von Erzen (insbesondere von Armerzen oder Bergbaurückständen) durch Mikroorganismen sowie die anschließende Metallgewinnung aus der resultierenden wässrigen Lösung (PLS - pregnant leach solution), ermöglicht eine umweltfreundliche Gewinnung von strategischen Elementen. Dabei stellt insbesondere die biologische *in-situ* Laugung, also die Auslösung von Metallionen direkt im Erzgang, einen vielversprechenden Ansatz dar. Hierbei entfallen energieintensive Verfahrensschritte des traditionellen Erzabbaus wie das Brechen, Mahlen und Zerkleinern ebenso wie große Ab-

raumhalden, wodurch insgesamt eine deutlich bessere Ökobilanz im Vergleich zu herkömmlichen Gewinnungsverfahren erzielt werden kann. [Darling2011] Diese Bilanz ist jedoch stark abhängig von der Laugungsrate sowie der Metallionenanreicherung in der PLS. [Bosecker1997; Pakostova2018; Zhang2020] Durch den Einsatz der Membrantechnologie zur Fraktionierung der vielfältigen Ionen der PLS können nachfolgende Prozessschritte weiter optimiert werden. [Elbasier2021]

Unter dieser Zielstellung entstand im Lehr- und Forschungsbergwerk „Reiche Zeche“ innerhalb des BHMZ (Biohydrometallurgisches Zentrum) eine einzigartige Pilotanlage, welche die *in-situ* Biolaugung mit der Membranaufbereitung kombiniert. Unter der Federführung des Instituts für Bergbau wurde die Laugungsstrecke durch Anwendung innovativer Techniken geplant und installiert. Die mikrobiologischen Fragestellungen wurden vom Institut für Biowissenschaften bearbeitet. Am Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik (ITUN) wurde im Rahmen des BHMZ im Labormaßstab unter Verwendung von synthetischen Biolaugungslösungen erfolgreich ein selektives Membranverfahren entwickelt sowie die zugehörige Pilotanlage für den *on-site* Einsatz geplant.

Die Förderung der AUDI Stiftung für Umwelt erlaubte es in einem auf 3 Jahre angelegten Anschlussprojekt das Zusammenspiel des Laugungs- und Membrankreislaufs zu untersuchen, zu optimieren und erfolgreich in ein TRL 6 (Technical Readiness Level) zu überführen. Die Langzeitstabilität des gesamten Prozesses konnte durch Anpassung der Prozessparameter und einzelner Anlagenkomponenten sowie durch geeignete Reinigungsintervalle unter Beweis gestellt und die Selektivität des Trennverfahrens sichtbar erhöht werden.

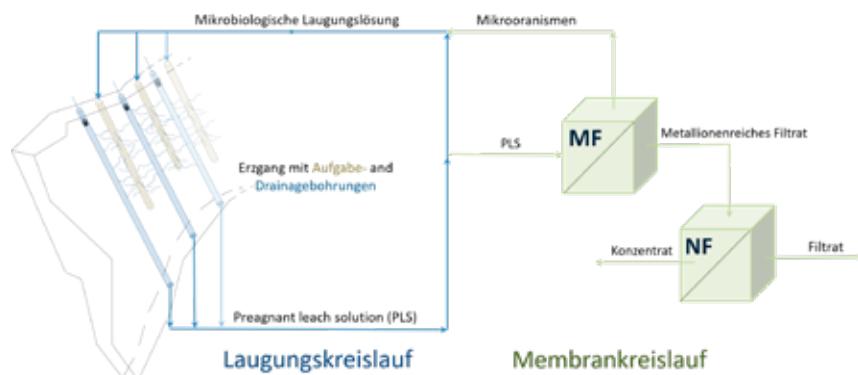


Abb. 1: Schematischer Aufbau der Versuchsstrecke in der „Reichen Zeche“ bestehend aus Laugungs- und hybrider Membrankreislauf (MF-Mikrofiltration; NF-Nanofiltration).

### Kontakt

Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik  
roland.haseneder@tun.tu-freiberg.de



Abb. 2: Probenahme AMD. [AUDI / TU BAF/ D. Müller]



Abb. 3: Aufgabebohrungen. [AUDI / TU BAF/ D. Müller]



Abb. 4: Drainagebohrungen. [AUDI / TU BAF/ D. Müller]



Abb. 5: Prozessleitsteuerung. [AUDI / TU BAF/ D. Müller]

Den schematischen Aufbau des im Lehr- und Forschungsbergwerk „Reiche Zeche“ installierten Prozesses veranschaulicht Abbildung 1. Die Mikroorganismen enthaltende Feedlösung wurde am Versuchsstandort aus natürlich vor kommender Acid Mine Drainage (AMD) kultiviert. Diese ist durch eine hoch diverse Zusammensetzung verschiedener Mikroorganismen gekennzeichnet. Dominant und insbesondere für den Laugungsprozess bedeutend sind dabei die Taxa Leptospirillum, Acidithiobacillus und Ferrovum. [Haferburg2022] Die Extraktion der (Metall)-Ionen aus den vorliegenden sulfidischen Erzen erfolgt über eine Redoxreaktion, während die schwefelsaure Lösung durch die Mikrorisse und Kapillaren von den Aufgabebohrungen zu den Drainagebohrungen permeiert. [Schlüter2015] Dieser Lösungsprozess resultiert in einer ionenreichen Lösung (PLS), die neben den Zielelementen auch eine Vielzahl weiterer Anionen und Kationen enthält. Nähere Informationen zum Prozess der Biolaugung können unter anderem [Bosecker1997, Zhang2020; Reineke2015 oder Johnson2014] entnommen werden. Die Zirkulation der Lösung erfolgt bis zum Erreichen einer spezifischen Ionenkonzentration. Anschließend findet die Weiterverarbeitung am Versuchsstandort im mehrstufigen Membranprozess statt. Im ersten Schritt, der Mikrofiltration, werden partikuläre Bestandteile und die für den Laugungsprozess wichtigen Mik-

roorganismen abgetrennt und dem Laugungszyklus wieder zugeführt. Unter der Zielstellung Indium und Germanium selektiv zu trennen, wird das (Metall)-Ionenreiche Filtrat in der zweiten Stufe, der Nanofiltration, hinsichtlich Größe und Ladung der Ionen fraktioniert.

Impressionen der untertägigen Versuchsstrecke zeigen die Abbildungen 2-5.

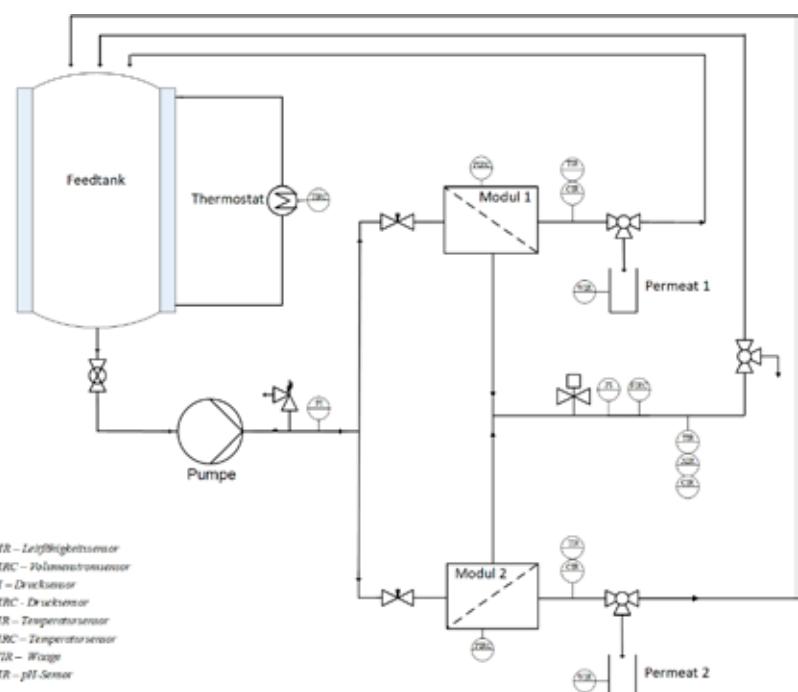


Abb. 6: Fließbild der Cross-Flow Laboranlage.

Die Charakterisierung und Optimierung der selektiven Trennung von Indium und Germanium im Pilotmaßstab, abgeleitet aus Laborstudien, wird im Anschluss diskutiert. Dabei steht insbesondere die Prozessstabilität im Focus.

## Material und Methodik

### Laboranlage – Membranversuche

Die eingehenden Laborexperimente fanden an einem Cross-Flow-Membransystem statt, das Abbildung 6 zeigt.

Die Cross-Flow-Laboranlage verfügt über eine Membrankolbenpumpe, die die Feedlösung mit einer Überströmungsgeschwindigkeit bis zu  $1,5 \text{ m s}^{-1}$  und Drücken bis zu 25 bar zu den zwei Membranmodulen fördert. Pro Membranzelle beträgt die aktive Membranoberfläche der Flachmembranen  $76 \text{ cm}^2$ . Der Permeatfluss wird separat für jede Zelle über zwei Waagen aufgenommen. Weiterhin verfügt das System über Sensoren zur Temperaturmessung, zur Aufnahme des Retentatvolumenstroms, der Leitfähigkeit und des pH-Werts.

### Pilotanlage – Membranversuche

Abbildung 7 zeigt die untertägige hybride Membranlage (Andreas Junghans© GmbH & Co.KG Frankenberg, Deutschland).



Abb. 7: Hybride untertägige Membranpilotanlage. [R. Kunz]

Die Pilotanlage weist entsprechend der beschränkten Platzverhältnisse ein sehr kompaktes Design auf. Weiterhin sind alle Anlagenbestandteile angepasst auf die Umgebungsbedingungen von nahezu 100 % Luftfeuchtigkeit, ca.  $11^\circ\text{C}$  und die schwefelsaure Feedlösung mit pH-Werten unter 2. Die Pilotanlage kombiniert zwei Filtrationsstufen, eine Mikrofiltrations- sowie eine Nanofiltrationsstufe, deren Zusammenspiel im Fließbild in Abbildung 8 näher erläutert ist.

In der Mikrofiltrationsstufe (MF) wird die Feedlösung durch zwei in Reihe geschaltete Module geleitet. Zur Gewährleistung konstant hoher Flüsse verfügt das System über eine automatisierte Rückspülseinheit. Das Filtrat der MF wird in der zweiten Stufe, der Nanofiltration (NF), mittels einer För-

der- und einer regelbaren Umlaufpumpe zum Membranmodul gefördert. Dabei sind Überströmungsgeschwindigkeiten bis zu  $1,1 \text{ m s}^{-1}$  bei Betriebsdrücken bis zu 25 bar erreichbar.

### Membranen

Im Zuge der Labortests wurden zwei Kompositmembranen, NF99 und NF99HF (© Alfa Laval Corporate AB, Glinde Deutschland), die in Tabelle 1 näher beschrieben sind, untersucht, und zwar unter der Zielstellung das Permeanzverhalten sowie das selektive Trennverhalten aufbauend auf den Versuchen von Werner [vgl. Werner2018] weiter zu optimieren.

Tab. 1: Charakterisierung der Membranen NF99 und NF99HF.

	NF99	NF99HF
<b>Betriebsparameter (Herstellerangaben)</b>		
pH Bereich [-]	3-9 (25 °C)	
Temperaturbereich [°C]	5-50	
Betriebsdruck [bar]	15-35	
<b>Membraneigenschaften</b>		
MWCO [Da]	200	
Reinstwasserpermeanz [L m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> bar <sup>-1</sup> ]	10-8 (25 °C, 4-30 bar) <sup>1</sup>	9-18 (25 °C, 18 bar) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> [Restolho2009]; <sup>2</sup> [Afonso2012]

Basierend auf den Ergebnissen der Laborversuche wurde für die Pilotanlage die Membran NF99 in Form eines Spiralwickelmoduls mit einer aktiven Membranoberfläche von  $7,047 \text{ m}^2$  ausgewählt. In den Mikrofiltrationsmodulen der Pilotanlage befinden sich zwei keramische  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  Membranen (inopor©micro Scheßlitz, Deutschland) mit einer Porenweite von 200 nm und einer aktiven Membranfläche von je  $0,512 \text{ m}^2$ .

### Feedlösungen

Zur Untersuchung der Membranperformance und des Trennverhaltens wurden mehrere Feedlösungen untersucht, die nachfolgend näher erläutert sind.

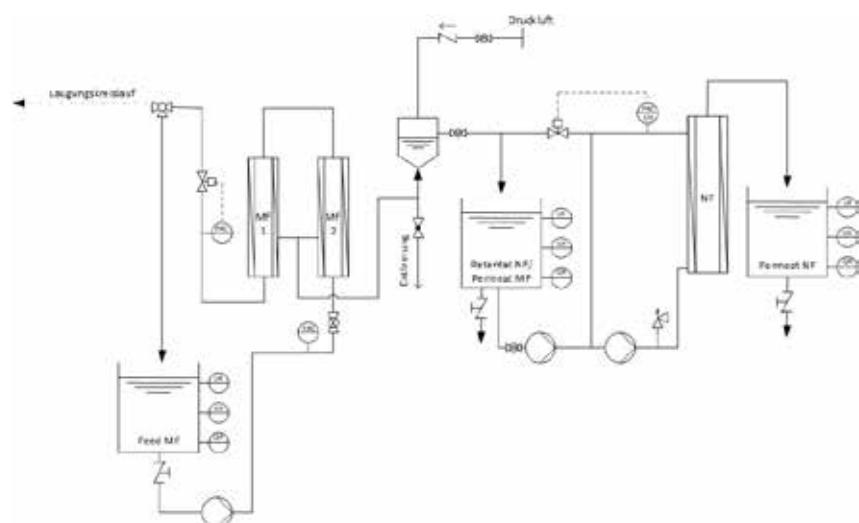


Abb. 8: Fließbild der hybriden untertägigen Membranlage.

Tab. 2: Feedlösungen.

Feed	Beschreibung
DI	Entionisiertes Wasser (Labormaßstab)
MTW	Minenleitungswasser: Sicker- und Kluftwässer aus einem 80 m oberhalb der Versuchsstrecke befindlichen Reservoir. Die Zusammensetzung unterliegt natürlichen Schwankungen. (Pilotmaßstab)
PLS <sub>DI</sub>	Synthetische Laugungslösung basierend auf DI
PLS <sub>MTW</sub>	Synthetische Laugungslösung basierend auf MTW
PLS100	100 % Reale Laugungslösung; gewonnen in den untertägigen <i>in-situ</i> Laugungsversuchen. Die Zusammensetzung unterliegt natürlichen Schwankungen.
PLS50	Mischung aus 50 wt.% PLS100 und 50 wt.% PLS <sub>MTW</sub>
PLS25	Mischung aus 25 wt.% PLS100 und 75 wt.% PLS <sub>MTW</sub>

Die Laborexperimente fanden mit DI und PLS<sub>DI</sub> statt. Dabei basiert die Zusammensetzung der PLS<sub>DI</sub> auf der realen Laugungslösung. Auf Grund der limitierten Verfügbarkeit wurde, für den Up-Scale der Laborversuche in den Pilotmaßstab, statt DI MTW (charakterisiert durch eine Vielzahl an Ionen, Partikeln und Mikroorganismen) verwendet. Um die Veränderungen der Membranperformance sowie des Trennverhaltens identifizieren zu können, wurde die synthetische Laugungslösung PLS<sub>MTW</sub> schrittweise mit PLS100 zu PLS25 und PLS50 angepasst. Die wesentlichen Charakteristika der genannten Lösungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

### Parameter zur Charakterisierung der Membranperformance

Wichtige Parameter der nachfolgenden Prozesscharakterisierung sind:

Die Permeanz **P**, die sich aus dem Permeatvolumenstrom bezogen auf die aktive Membranfläche sowie der Druckdifferenz zwischen Feed- und Permeatseite der Membran ergibt. Der ionenspezifische Rückhalt **R<sub>i,j</sub>**, berechnet aus dem Verhältnis der Konzentration der Komponente **i** im Feed zur Konzentration im Permeat. Sowie weiterhin die Recovery Rate **RR**, die das Verhältnis des Feedvolumens zum Permeatvolumen beschreibt sowie die Selektivität **S<sub>i,j</sub>**, die auf das Verhältnis des Rückhalts einer Komponente **i** bezogen den Rückhalt der Komponente **j** wiedergibt.

### Vorgehensweise

Alle Experimente im Labormaßstab fanden mit DI bzw. PLS<sub>DI</sub> bei 10, 15 und 15 bar sowie Überströmungsgeschwin-

digkeiten von 1,25 m s<sup>-1</sup> bei 25°C in mindestens dreifacher Wiederholung statt.

Die begrenzte Verfügbarkeit der realen Laugungslösung ermöglichte im Pilotmaßstab lediglich die Durchführung von mind. zwei Versuchsreihen (PLS100/PLS50/PLS25). Die Mikrofiltrationsversuche fanden bei 1 bis 3 bar statt, die Nanofiltrationsversuche bei 7,5 bis 20 bar und 1,1 m s<sup>-1</sup>. Wenn nicht anders gekennzeichnet betrug die Recovery Rate bei Probenahme 80 %.

### Ergebnisse - Labormaßstab

Essenzielles Ziel der Laborversuche war es die Membranen NF99 und NF99HF bezüglich der Permeanz und des selektiven Ionenrückhalts vorangegangenen Studien gegenüberzustellen und dementsprechend die Auswahl für die Pilotversuche zu treffen.

Die Ergebnisse aus Tabelle 4 zeigten eine konstant hohe Permeanz von 19,6±0,1 L m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> bar<sup>-1</sup> (DI) der NF99HF. Diese liegt für die NF99 bei 7,6±0,5 L m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> bar<sup>-1</sup> (DI). Für die synthetische Laugungslösung PLS<sub>DI</sub> ergibt sich für beide Membranen ein sichtbarer Permeanzrückgang von 65 % (NF99HF) bzw. 43 % (NF99). Die Permeatausbeute der NF99HF sinkt auf Grund der auftretenden Wechselwirkungen zwischen der geladenen Membranoberfläche mit den Ionen der PLS<sub>DI</sub> signifikant. Bei Betrachtung des Ionenrückhalts (vgl. Abbildung 9) ist festzustellen, dass die multivalenten Kationen Eisen (Fe<sup>2+</sup>), Zink (Zn<sup>2+</sup>) und Kupfer (Cu<sup>2+</sup>) für die NF99 zu 99±0,4 % zurückgehalten werden und bei der NF99HF zu 96±1,2 %. Deutlichere Unterschiede sind für Germanium festzustellen, mit einem um 5,4 % geringeren Rückhalt der NF99 und ei-

Tab. 3: Charakteristika der Feedlösungen.

	pH	Conductivity	TOC	Turbidity	Elements					
					S	Zn	Fe	Cu	Ge	In
	(-)	(mS cm <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(FNU)	(mg L <sup>-1</sup> )	(µg L <sup>-1</sup> )				
PLS <sub>DI</sub>	2.0 ± 0.1	12.7 ± 0.1	<1 *	0	2350 ± 139	2560 ± 78	643 ± 22	19 ± 1	900 ± 20	960 ± 30
PLS <sub>MTW</sub>	2.0 ± 0.1	8.9 ± 1.3	<1 *	3.5 ± 1.8	1504 ± 202	1859 ± 108	442 ± 32	11 ± 1	600 ± 100	600 ± 4
PLS100	2.1 ± 0.2	10.4 ± 1.9	4.0 ± 0.2	126.6 ± 10.6	2920 ± 75	727 ± 49	959 ± 76	22 ± 2	70 ± 30	40 ± 0
MTW	4.8 ± 0.1	1.9 ± 0.2	1.1 ± 0.2	3.7 ± 1.2	408 ± 51	90 ± 8	1 ± 0	1 ± 0	*	*

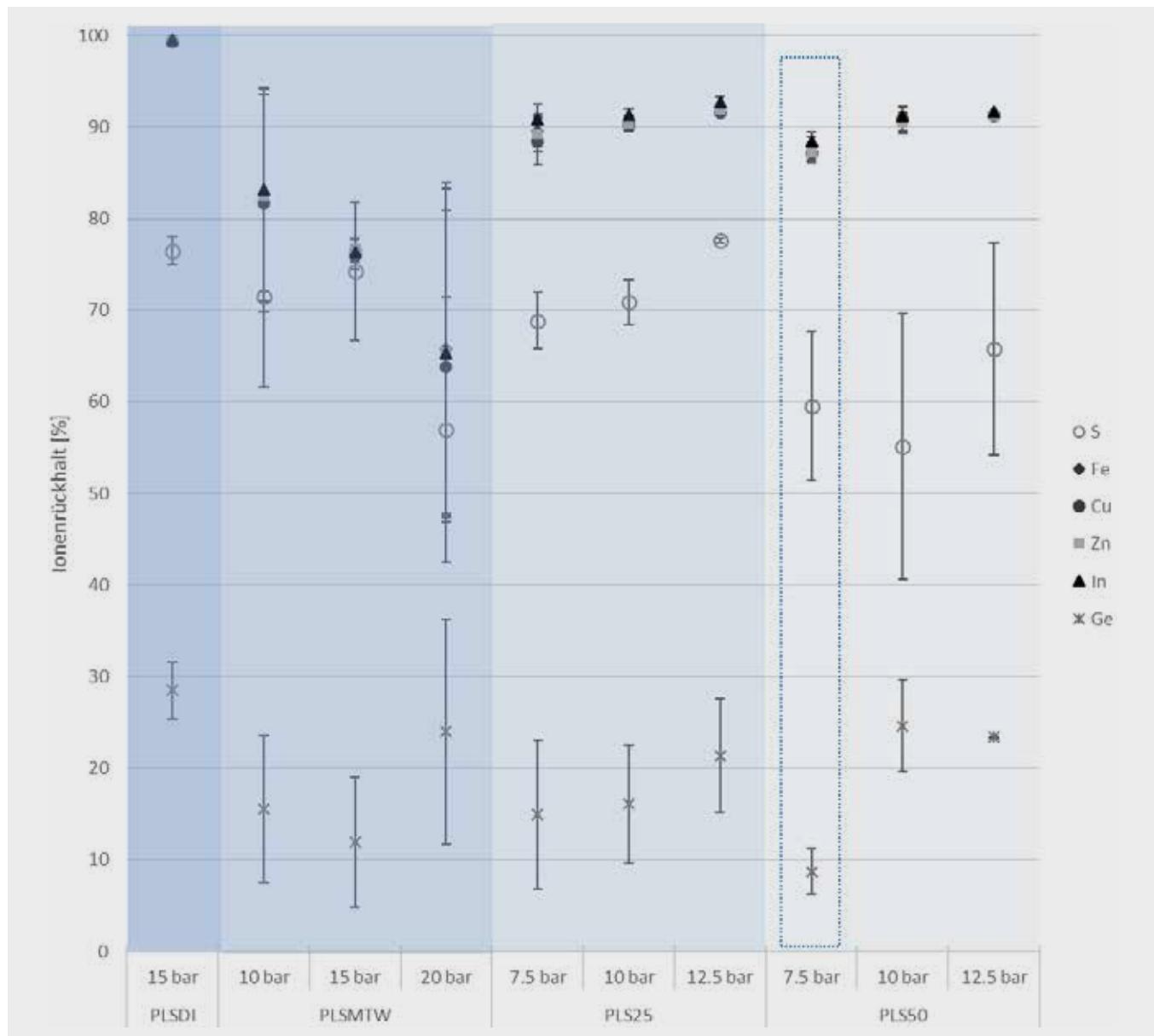
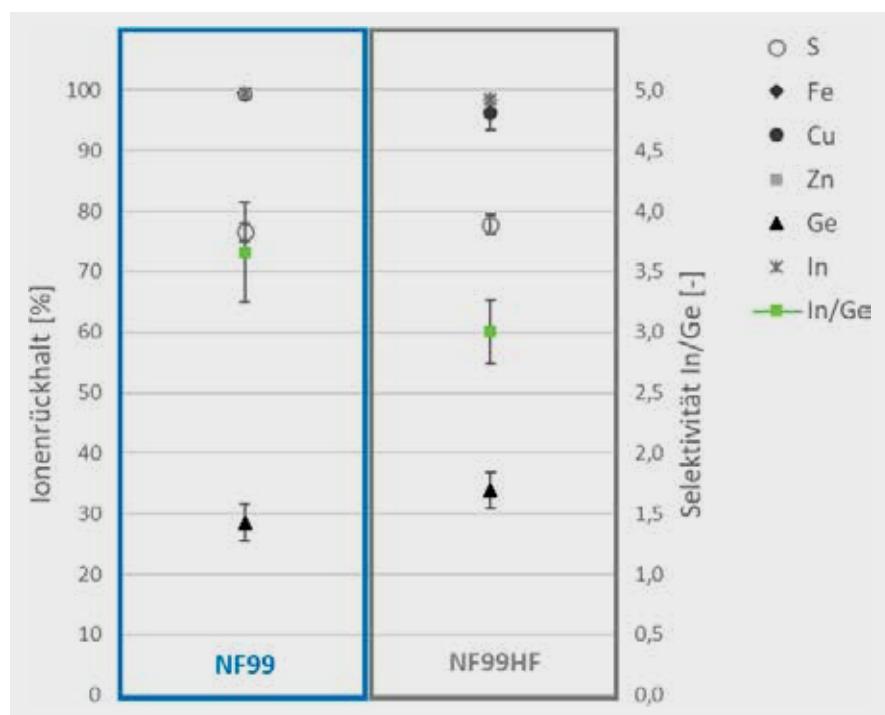
\*unter der Nachweisgrenze

Tab. 4: Ergebnisse NF99 und NF99HF im Labormaßstab.

		Permeanz [ $\text{L m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{bar}^{-1}$ ]	
Feed	Druck [bar]	NF99	NF99HF
DI	10	$7,9 \pm 0,5$	$19,8 \pm 0,1$
	15	$7,6 \pm 0,5$	$19,6 \pm 0,1$
	20	$7,3 \pm 0,5$	$19,3 \pm 0,1$
PLS <sub>DI</sub>	15	$4,3 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,4$

Abb. 9: Ionenrückhalt und Selektivität von NF99 und NF99HF für PLS<sub>DI</sub> im Labormaßstab. ►

Abb. 10: Druckabhängiger Ionenrückhalt der NF99 für PLS<sub>DI</sub>, PLS<sub>MTW</sub>, PLS25 und PLS50 bei einer Überströmungsgeschwindigkeit von  $1,1 \text{ m s}^{-1}$  und einer Recovery Rate von 80 % im Pilotmaßstab. ▼



ner resultierenden Selektivität (In/Ge) von  $3,7 \pm 0,4$  gegenüber  $3,0 \pm 0,3$  für NF99HF.

Auf der Grundlage der ionenspezifischen Retention und der verbesserten Selektivität wurde die Membran NF99 für die Pilotstudien ausgewählt.

### Ergebnisse - Pilotmaßstab

Im Pilotmaßstab fanden an der untertägigen *on-site* Membrananlage für die Mikro- und Nanofiltration umfangreiche Studien unter Verwendung verschiedener Feedlösungen, als Funktion des Druckes sowie der Überströmungsgeschwindigkeit, statt. Es ergab sich für die Mikrofiltration eine deutliche Abnahme der Permeanz mit zunehmender Partikel- und Mikrobiologiebelastung (von MTW zu PLS25, PLS50, PLS100) in Folge von Filterkuchenbildung sowie von Foulingeffekten. Insgesamt konnte jedoch eine gleichbleibend hohe Permeatqualität mit einer Trübungsreduktion von Feed zu Permeat von 80,1 % bei MTW sowie  $\geq 98,8$  % bei PLS25-PLS50-PLS100 mit Werten von  $\leq 1$  FNU (FNU- Formazin Nephelometric Units) erreicht werden - dies entspräche etwa dem Parameter für Trinkwasserqualität.

Bei den Versuchen zur Permeanz der Nanofiltrationsstufe ergaben sich abhängig von den Prozessparametern (Druck, Überströmungsgeschwindigkeit und Temperatur) je nach Feedlösung geringe Abweichungen, was die hohe Qualität der Vorreinigungsstufe unterstreicht.

Die selektive Trennung der Zielelemente nimmt einen entscheidenden Stellenwert ein. Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse des Ionenrückhalts der Pilotanwendung.

In den Laborversuchen ( $PLS_{Dl}$ ) wurde Germanium zu durchschnittlich 28 % zurückgehalten, während die mehrwertigen Kationen  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  und  $In^{3+}$  zu nahezu 100 % im Retentat verblieben. Unter der Verwendung der synthetisch hergestellten Laugungslösung ( $PLS_{MTW}$ ) im Pilotmaßstab wurde insgesamt ein geringerer Rückhalt erreicht sowie eine Druckabhängigkeit festgestellt (vgl.  $PLS_{MTW}$ ). Eine Ursache liegt in der Reinigung zwischen den Versuchsböcken. Durch Anpassung der Reinigung mit Zitronensäure und Natronlauge (Testes mit PLS25-PLS50) sowie der Herabsetzung des Prozessdrucks konnte die Selektivität sichtbar gesteigert werden (vgl. blau umrahmtes Ergebnis). Der durchschnittliche Germaniumrückhalt betrug in Folge 8,8 % und der Indiumrückhalt 88,4 %, mit einer resultierenden Selektivität (In/Ge) von 11,3.

### Zusammenfassung

Die vergleichenden Laborexperimente zwischen NF99 und NF99HF mit synthetischer Laugungslösung ( $PLS_{Dl}$ ) zeigten eine deutlich höhere Permeanz der NF99HF. Im Hinblick auf das selektive Trennverhalten gegenüber Indium und Germanium überzeugte die NF99 durch einen geringeren Germaniumrückhalt bei gleichzeitig hohem Indiumrückhalt und wurde daher für die Pilotanwendung ausgewählt. Die Experimente im Pilotmaßstab an der hybriden Membrananlage, die als erste Aufbereitungsstufe von *in-situ* gewonnenen Biolaugungslösungen dient, überzeugte die Mikrofiltration durch eine gleichbleibend hohe Permeatqualität ( $< 1$  FNU) trotz rückläufiger Permeanz in Abhängigkeit von der partikulären und mikrobiellen Belastung. Die nachfolgende Nanofiltrationsstufe konnte nach Anpassung der Reinigung sowie der Optimierung der Prozessbedingungen im Vergleich zu den Laborexperimenten durch eine gesteigerte Selektivität gegen-

über Indium und Germanium überzeugen. Diese stieg von 3,7 im Labormaßstab auf 11,3 in der Pilotanwendung. Insgesamt ist damit die Übertragung vom Labor- in den Pilotmaßstab bis zu einem TRL 6 vollumfänglich gelungen sowie die technische Umsetzung, Funktionalität und Langzeitstabilität des Gesamtprozesses belegt.

Die Autoren danken der Audi Stiftung für Umwelt für die finanzielle Unterstützung ihrer wissenschaftlichen Arbeit.

### Quellen

European Commission 2020: Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020). Factsheets on Critical Raw Materials; European Commission: Brussels, Belgium, 2020, doi:10.2873/631546.

ProcessNet 2015: Verein Deutscher Ingenieure; Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie. Anorganische Rohstoffe – Sicherung der Rohstoffbasis von morgen. Positionspapier des Temporären ProcessNet-Arbeitskreises „Rohstoffe und Kreislaufwirtschaft“; DECHEMA: Frankfurt am Main, Germany, 2015, ISBN 978-3-89746-177-2 3.

Schlüter, R.; Mischo, H. 2015: In-situ underground bioleaching—Novel conditioning technologies. In Mining: Navigating the Global Waters. SME Annual Conference & Expo and CMA 117th National Western Mining Conference; Society for Mining, Metallurgy, and Exploration; Colorado Mining Association: Denver, CO, USA. 15–18 February 2015, pp. 299–303, ISBN 978-151-080-124-0.

Werner, A. 2018: Entwicklung eines Membranbasierten Trenn- und Anreicherungsverfahrens zur Selektiven Gewinnung von Indium und Germanium aus Laugungslösungen. Ph.D. Thesis, TU Bergakademie Freiberg, Saxony, Germany, doi:10.1016/j.desal.2011.04.010.

Meschke, K.; Hofmann, R.; Repke, J.-U. 2020: Membrane treatment of leached mining waste- A potential process chain for the separation of the strategic elements germanium and rhenium. Chem. Eng. J., 380, 122476.

Darling, P. 2011: SME Mining Engineering Handbook, 3rd ed.; Society for Mining Metallurgy and Exploration: Littleton, CO, USA, ISBN 978-0-87335-264-2.

Bosecker, K. 1997: Bioleaching: Metal solubilization by microorganisms. FEMS Microbiol. Rev., 20, 591–604, doi:10.1111/j.1574-6976.1997.tb00340.x.

Pakostova, E.; Grail, B.M.; Johnson, D.B. 2018: Bio-processing of a saline, calcareous copper sulfide ore by sequential leaching. Hydrometallurgy, 179, 36–43, doi:10.1016/j.hydromet.2018.05.004.

Elbashier, E.; Mussa, A.; Hafiz, M.; Hawari, A. 2021: Recovery of rare earth elements from waste streams using membrane processes: An overview. Hydrometallurgy, 204, 105706, doi:10.1016/j.hydromet.2021.105706.

Haferburg, G.; Krichler, T.; Hedrich, S. 2022: Prokaryotic communities in the historic silver mine Reiche Zeche. Extremophiles, 26, 2.

Zhang, R.; Hedrich, S.; Römer, F.; Goldmann, D.; Schippers, A. 2020: Biroleaching of cobalt from Cu/Co-rich sulfidic mine tailings from the polymetallic Rammelsberg mine, Germany. Hydrometallurgy, 197, 105443, doi:10.1016/j.hydromet.2020.105443.

Reineke, W.; Schlömann, M. 2015: Umweltmikrobiologie. 3. Ed. Springer Spektrum Berlin, Heidelberg, doi:10.1007/978-3-662-59655-5.

Johnson, D.B. 2014: Biomining-biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials. Curr. Opin. Biotechnol., 30, 24–31.

Restolho, J.A.; Prates, A.; de Pinho, M.N.; Afonso, M.D. 2009: Sugars and lignosulphonates recovery from eucalyptus spent sulphite liquor by membrane processes. Biomass Bioenergy, 33, 1558–1566.

Afonso, M.D. 2012: Assessment of NF and RO for the potential concentration of acetic acid and furfural from the condensate of eucalyptus spent sulphite liquor. Sep. Purif., 99, 86–90.

# Verwendung von Karbonfasern (KF) als alternatives Reduktionsmittel in der Schlackeverwertung

Ludwig W. Blenau<sup>1</sup>, Alexandros Charitos<sup>1</sup>

## Einleitung

Der Anteil an Karbonfasern (KF) als Komponenten in Leichtbauverbundwerkstoffen steigt stark. KF werden beispielsweise in den Rotoren von Windrädern als Verbundmaterial eingesetzt und finden auch im Luft- und Raumfahrtbereich Anwendung. Momentan erreichen die ersten KF-enthaltenden Windräder ihr Lebensende und es gibt keine etablierte Verwertungsroute. Das bedeutet, dass das Material zwischengelagert werden muss, da eine Deponierung nicht vorgesehen ist. Momentan werden jährlich ungefähr 200 kt KF produziert. Eine Verbrennung von KF ist weder in Müllverbrennungsanlagen noch in Sondermüllverbrennungsanlagen effizient möglich, da die Fasern die Verbrennungskammer mit der Flugasche nahezu unverändert verlassen [1]. Eine gewisse Zersetzung durch den Prozess kann dabei sogar zur Bildung von Faserbruchstücken mit potentiell gefährlicher Geometrie (sogenannte „WHO“-Fasern, definiert von der Weltgesundheitsorganisation) führen.

Pyrometallurgische Prozesse, die auf karbothermischer Reduktion beruhen, sind heute mehr denn je auf alternative kohlenstoffbasierte Reduktionsmittel angewiesen, da so die Emission von fossilem CO<sub>2</sub> vermieden werden kann. Ein geschlossener Stoffkreislauf könnte bei der Verwendung von grünen KF geschaffen werden. Dadurch würden nicht nur die Umwelt geschont, sondern auch CO<sub>2</sub>-Steuern vermieden werden.

Karbonfasern bestehen definitionsgemäß aus mindestens 92 Gew. % Kohlenstoff [2] und besitzen einen hohen Anteil an fixiertem Kohlenstoff. Während das Bindemittel, welches die Fasern zusammenhält, flüchtig ist, sind die eigentlichen Fasern extrem hitzebeständig.

Fayalitische Schlacke ist das Nebenprodukt der Kupfergewinnung, von dem jährlich ungefähr 50 Mt anfallen [3,4]. Die Schlacke ist ein oxydisches FeO<sub>x</sub>-SiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-System, das typischerweise noch ca. 1 Gew. % Kupfer enthält. Dabei liegt der Eisenoxidgehalt bei ca. 55 Gew. %. Weltweit wird ein Großteil der Schlacke nach wie vor deponiert, sie kann aber auch als Baumaterial für Straßenbetten oder Dämme, als Abrasionsmittel oder in der Zementindustrie eingesetzt werden. Vorangegangene Studien haben die Eignung der Schlacke als potentielle Eisenquelle unter Beweis gestellt [5-8]. Das wesentliche Kriterium für eine erfolgreiche Schlackenreduktion ist ein andauernder Kontakt zwischen flüssiger Schlacke und dem Reduktionsmittel [9, 10]. In diesem Artikel wird ein Prozess zur Nutzung von KF durch chemisches Recycling als pyrometallurgisches Reduktionsmittel zur Verwertung von Schlacken präsentiert.

## Methoden

Es werden verschiedene Typen Polyacrylnitril-basierter (PAN) purer KF (Hersteller: Sigrafil und Nippon) in unterschiedlichen Geometrien (<150 µm Pulver, 6 mm Fasern und 6 cm Fasern mit je 7 µm Ø) mit Graphitpulver und Petrolkokspulver in Tiegelexperimenten verglichen. Zusätzlich wird

eine Variation bei der zugegebenen Menge an KF untersucht (33 und 66 g) und die Überreste bereits eingesetzter KF (29 g aus einem Versuch mit 66 g Sigrafil 6 mm Fasern) aus einem vorangegangenen Versuch werden in einem neuen Experiment eingesetzt. Die Experimente werden mit FactSage 8.1 vorbereitet und ausgewertet.

Das jeweils eingesetzte Reduktionsmittel (KF, Graphit oder Petrolkokks) wird am Boden eines Korundtiegels platziert. Mit Flussmittel versetzte Schlacke wird in granulierter Form darauf gegeben (500 g Kupferschlacke, 17 g CaO). Das Flussmittel senkt die Viskosität bei Prozesstemperatur und ermöglicht eine höhere Reaktionsrate. Der Tiegel wird mit einem Deckel verschlossen, während des Experiments mit 200 l/h Argon gespült, anschließend in einem Induktionsofen auf 1450 °C erhitzt und dort für 5 h gehalten. Die Reaktionskinetik wird durch CO- sowie CO<sub>2</sub>-Messungen der Tiegelatmosphäre mittels eines ABB AO2000 Infrarot-Gasanalysators beobachtet. Aus dieser Messung lassen sich auch Rückschlüsse über den vorherrschenden Sauerstoffpartialdruck im Tiegel ziehen, da das CO/CO<sub>2</sub>-Verhältnis mit diesem und der jeweiligen Temperatur korrespondiert. Um den Umsatz von KF zu erhöhen wird durch das Versenken der Ar-Lanze (200 l/h) Durchmischung im Tiegel erzeugt.

Die resultierende Eisenphase aus der Kupferschlackenreduktion wird durch Optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) und eine CS-Analyse charakterisiert, die sekundäre Schlacke durch Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und die verbleibenden KF mithilfe von optischer Mikroskopie und Fasercharakterisierung (hier nicht gezeigt).

## Ergebnisse & Diskussion

Alle KF-Typen reagieren als Reduktionsmittel deutlich und vergleichbar schnell. Die Sigrafil 6 mm Fasern weisen beim Einsatz von 66 g mit ca. 50 Gew. % den geringsten Umsatz auf (vgl. Tab. 1), die Nippon 6 cm Fasern werden zu 67 Gew. % umgesetzt. Wenn nur die Hälfte der Sigrafil 6 mm Fasern eingesetzt wird, beträgt der Umsatz 82 Gew. %, da das Verhältnis von Schlacke zu KF deutlich erhöht wird. Die wiedereingesetzten Fasern (29 g Sigrafil 6 mm) führen zu einem nahezu vollständigen Umsatz, wobei nur wenig Material in Form von Faserbruchstücken ins Abgas entweicht. Dies lässt sich durch ein günstiges Schlacke-KF-Verhältnis und eine Erhöhung der Faseroberfläche durch teilweisen Umsatz während des ersten Durchlaufs erklären. Das KF-Pulver reagiert sehr schnell, jedoch wird durch Staubbildung, insbesondere während der turbulenten Phase des Experiments ein großer Teil des Pulvers in das Abgas getrieben und führt

1 TU Freiberg, Institut für Nichteisen-Metallurgie und Reinststoffe, INEMET, Freiberg, Deutschland

## Kontakt

ludwig.blenau@inemet.tu-freiberg.de;  
alexandros.charitos@inemet.tu-freiberg.de

so zu suboptimalen Ergebnissen. Das Gleiche gilt für die Graphit- und Petrolkokspulver. In Zukunft wird deshalb das Material pelletiert verwendet. Generell zeigt sich jedoch, dass die Reaktionsraten von KF- und Graphitpulver vergleichbar sind, während Petrolkoks beide Stoffe als Reduktionsmittel im Hinblick auf die Reduktionsgeschwindigkeit übertrifft.

Tab. 1: KF-Umsatz ausgewählter Experimente.

Material	KF-Umsatz ( $X_{KF}$ )
Sigrafil 6 mm (66 g)	50 %
Nippon 6 cm (66 g)	67 %
Sigrafil 6 mm (33 g)	82 %
Sigrafil 6 mm (29 g wiederverw.)	~100 %

Ein Beispiel für den Verlauf eines Experiments ist in Abbildung 1 dargestellt, wobei die verschiedenen Phasen in der Bildunterschrift beschrieben werden. In der Tiegelatmosphäre ist ein erster  $CO_2$ -Anstieg bereits vor dem Beginn der Reduktion erkennbar. Dieser Anstieg ist auch für die anderen Fasertypen erkennbar und wird durch das Abbrennen der KF-Beschichtung bei relativ niedrigen Temperaturen hervorgerufen. Anschließend zeigen die längeren Fasern (6 mm und 6 cm) ähnliches Verhalten in Bezug auf die Reaktionsrate (durch  $CO/CO_2$ -Verlauf beurteilt), wobei die Nippon 6 cm Fasern die längste Reaktionszeit aufweisen. Die Geometrie der längeren Fasern zwingt sie dazu wenigstens partiell untergetaucht zu bleiben und verhindert ein vollständiges Aufschwimmen. Das hat einen erhöhten Umsatz zur Folge. Die kürzeren Fasern können sich selbst bei starker Durchmischung teilweise oberhalb der Schmelze ansammeln. Dieser Zusammenhang zeigt, dass das Erstellen einer reaktiven Mischung aus Fasern und Schlacke, die einen konstanten Kontakt zwischen beiden ermöglicht, ein wesentlicher Faktor für einen erfolgreichen Prozess ist.

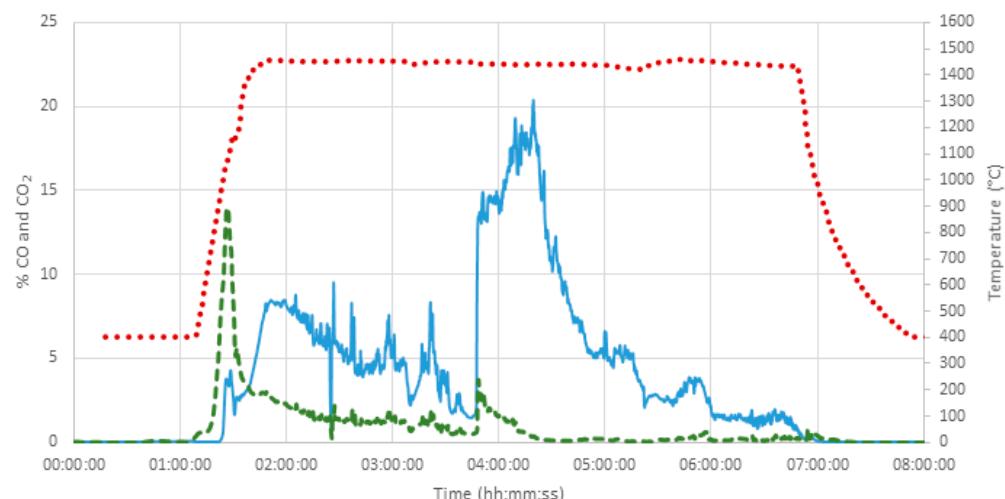


Abb. 1: Temperatur (rot, gepunktet), CO- (grün, gestrichelt) und  $CO_2$ - (blau) Emissionen während eines karbothermischen Reduktionsversuchs mit 33 g Sigrafil 6 mm KF und 500 g Kupferschlacke. Die resultierende Gasmischung wandelt sich mit steigenden Temperaturen von  $CO_2$ -dominiert zu CO-dominierend. Ein erstes Reaktionsmaximum ist nach rund 1:20 h erreicht; hier wird die Beschichtung der KF abgebrannt. Um 1:30 h beginnen die KF durch die schmelzende Schlacke (Schmelzpunkt bei ca. 1050 °C) aufgrund ihrer geringeren Dichte aufzusteigen und zu reagieren. Vor 2:00 erreicht der CO-Wert mit 8 Vol. % ein Maximum. Anschließend fällt die Reaktionsrate aufgrund der aufschwimmenden Fasern ab, da diese weniger Kontakt mit der unreduzierten Schlacke haben. Wenn Turbulenz mithilfe der Ar-Lanze erzeugt wird, steigt die Reaktionsrate um 3:40 drastisch und ein CO-Maximum von 20 Vol. % wird erreicht. Insgesamt wird ein KK-Umsatz von  $X_{KF}=82$  % und eine FeO-Konversion von  $X_{Fe}=72$  % erreicht.

Die mikroskopische Analyse der Fasern ergibt, dass sich die KF in sehr unterschiedlichen Zersetzungsgrenzen befinden. WHO-Fasern sind zwar vorhanden, da ein Wiedereinsetzen der unverbrauchten Fasern (Abb. 2) aber vielversprechend zu sein scheint, müssten diese das geschlossene System bis zur vollständigen Umsetzung nicht verlassen. Die resultierende Roheisenphase (Abb. 3) ist kohlenstoffgesättigt und arm an Schwefel, Blei und Zink (da diese Elemente im Abgas abgeführt werden). Die einzige für die Stahlindustrie schädliche Komponente ist der Kupfergehalt von bestenfalls 1,7 Gew. %. Ein Abtrennen des Kupfers mit einer Cu-Fe-Legierung in einem ersten nur mäßig reduktiven Schritt kann dieses Problem beheben [8]. Die sekundäre glasige Schlacke (Abb. 3) ist  $SiO_2$ -reich und enthält im besten Fall unter 10 Gew. % FeO. Da diese Schlacke ebenfalls arm an giftigen Elementen ist und bereits die gewünschte Zusammensetzung aufweist, können daraus ohne weitere Zusätze Glasfasern produziert werden.

## Schlussfolgerungen & Ausblick

Karbonfasern können sowohl energetisch als auch stofflich als Reduktionsmittel in pyrometallurgischen Prozessen verwertet werden. Hier wird dies am Beispiel der Kupferschlackenverwertung demonstriert. Bei diesem Prozess werden die KF verbraucht und gleichzeitig Roheisen und eine sekundäre glasige Schlacke gewonnen. Dabei sind hohe Temperaturen ( $> 1400$  °C) und ein konstanter Kontakt der KF mit der reaktiven Schlacke, z. B. durch einen hochgradig turbulenten Prozess, der eine reaktive Mischung erzeugt, für eine erfolgreiche KF-Verwertung ausschlaggebend.

In einer Charge können über 80 Gew. % der Fasern umgesetzt und verbleibende Faserüberreste in den Prozess zurückgeführt werden. Die produzierte Roheisenphase ist für die Stahlindustrie nutzbar, und die sekundäre Schlackephase kann für diverse Glasfaseranwendungen genutzt werden. Eine Hochskalierung auf einen hochturbulenten Top Submerged Lance (TSL)-Ofen und Tests an tatsächlichen KF-Abfallstoffen und karbonfaserverstärkten Kunststoffen

sind geplant. TSL-Aggregate sind zudem geeignet, da ein kontinuierlicher Prozess in einem geschlossenen System darin realisiert werden kann, was ein Austreten von WHO-Fasern verhindert. Die Ergebnisse zeigen klar die Nutzbarkeit von Karbonfasern für metallurgische Reduktionsprozesse und können somit zur Lösung des KF-Abfallproblems beitragen, wobei die KF nicht nur energetisch, sondern auch stofflich verwertet werden.

## Danksagung

Wir danken der Sächsischen Aufbaubank - Förderbank (SAB) für die Finanzierung unserer Forschung auf dem Gebiet der Kupferschlackenverwertung.



Abb. 2: Nippon KF 6 cm Stücke vor (links) und nach (rechts) dem Reduktionsexperiment (66 g Fasern auf 500 g Schlacke). Etwa 22 g Fasern verbleiben nach dem Experiment; dies entspricht einem Umsatz von  $X_c=67\%$ . Die Fasergrößen variieren stark. WHO-Fasern liegen zwar vor, die meisten Fasern sind jedoch noch relativ intakt und wurden vermutlich oberhalb der Schmelze gefangen. Diese Fasern können als Reduktionsmittel im gleichen Prozess neu eingesetzt werden und zeigen dann typischerweise einen noch besseren Umsatz, da sie bereits eine erhöhte Oberfläche aufweisen.



Abb. 3: Die resultierende Schlackephase (links) des Nippon 6 cm Experiments (vgl. Abb. 2) ist von ihrer Zusammensetzung her zur Glaskeramik- und sogar Glasfaserherstellung geeignet, da der FeO-Anteil unter 10 Gew. % fällt. Das führt zu einem günstigen Viskositäts-Temperatur-Verlauf beim Faserzug. Die resultierende Roheisenphase (rechts) ist für die Stahlindustrie nutzbar, wenn durch Mischung mit anderem Material der erhöhte Kupfergehalt von 1,7 Gew. % Rechnung getragen wird. Etwa 71 Gew. % des insgesamt verfügbaren Eisens sind abgetrennt worden.

## Literatur

- Stockschläder J, Quicker P, Thiel C, Beckmann M, Baumann W, Wexler M, Staf D, Koralewska R (2019) Carbonfaserhaltige Abfälle in der thermischen Abfallbehandlung – Zwischenergebnisse aus Untersuchungen im industriellen Maßstab – in Energie aus Abfall, 333-356, TK Verlag
- Morgan P (2005) Carbon Fibers and Their Composites (1. ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420028744>
- Dhir R K., De Brito J, Mangabhai R, Qun Lye C (2017) Sustainable construction materials: copper slag. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780081009864>.
- Gorai B, Jana RK, Premchand (2003) Characteristics and utilisation of copper slag—a review. Resources, Conservation and Recycling. 39. 299-313. 10.1016/S0921-3449(02)00171-4.
- Blenau L, Stelter M, Charitos A (2021) Carbothermic Reduction of Fayalitic Slag with Graphite – Understanding Reaction Kinetics for Pig Iron Production; Slag Valorisation Symposium 7 conference proceedings
- Sarfo P, Wyss G, Ma G, Das A, Young C (2017) Carbothermal reduction of copper smelter slag for recycling into pig iron and glass. Minerals Engineering. 107. 10.1016/j.mineeng.2017.02.006.
- Erdenebold U, Choi H.-M, Wang J P (2018) Recovery of pig iron from copper smelting slag by reduction smelting. Archives of Metallurgy and Materials. 63. 1793-1798. 10.24425/ammm.2018.125106.
- Busolic D, Parada F, Parra R, Sanchez M, Palacios J, Hino M (2011) Recovery of iron from copper flash smelting slags, Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 120:1, 32-36, DOI: 10.1179/037195510X1277293 5654945
- Mitrašinović A (2017) Effect of Temperature and Graphite Immersion Method on Carbothermic Reduction of Fayalite Slag. JOM 69, 1682–1687. <https://doi.org/10.1007/s11837-017-2455-y>
- Warczok A, Utigard T A (1998) Fayalite slag reduction by solid graphite. Canadian Metallurgical Quarterly, 37, 27-39.

# Sand und Sandstein

## Wichtige Georessourcen und Archive der Erdgeschichte

Guido Meinhold



Paläozoische Sandsteine im Vorder- und Hintergrund sowie großflächige Bedeckung mit Sand am östlichen Rand des Arabischen Schildes in Saudi-Arabien. Östlich von diesem Gebiet befinden sich paläozoische Sandsteine in mehreren Kilometern Tiefe und repräsentieren wichtige Speichergesteine für Kohlenwasserstoffe. Die schlechte Fernsicht geht auf einen hohen Sandanteil in der Luft durch Sandstürme zurück. Das kleine weiße Rechteck auf dem alluvialen Fächer im rechten unteren Teil des Fotos ist ein Geländewagen als Maßstab. Die Liefergebietsanalyse ermöglichte die Herkunft der Komponenten dieser Sandsteine zu entschlüsseln [7]. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Sachmittelbeihilfen HI 643/13-1 und ME 3882/4-1.

Foto: Guido Meinhold

Sedimente und Sedimentgesteine sind zeitlich hochauflösende Archive der Erdgeschichte hinsichtlich der Entwicklung des Lebens, des Klimas und der Paläogeographie und können enorme Mengen an Georessourcen enthalten. Die Eigenschaften von klastischen Sedimenten (z. B. Sand) und Sedimentgesteinen (z. B. Sandstein) werden durch die mineralogische Zusammensetzung der Ausgangsgesteine im Liefergebiet und durch exogene Prozesse wie Verwitterung bestimmt. Die Rekonstruktion der Entwicklungsgeschichte von Sedimenten und Sedimentgesteinen ist zum einen wichtig für die Bewertung von sedimentären Georessourcen, zum anderen ist sie essentiell für ein besseres Verständnis des Systems Erde.

Als Kind hat jeder bestimmt schon mal im Sand gespielt und kam dabei mit dieser faszinierenden natürlichen Ressource zum ersten Mal in Kontakt. Nach Wasser ist Sand eine der meist genutzten Georessourcen der Welt [1]. In unserem Alltag sind wir in großem Maße direkt oder indirekt von Sand umgeben. Das fängt an bei den Gebäuden, in denen wir leben und arbeiten, da Sand ein wichtiger Zuschlagstoff bei der Betonherstellung ist. Jedoch ist nicht jeder Sand für die Bauindustrie geeignet. Sand, der durch äolische Prozesse transportiert wurde, ist ungeeignet für den Einsatz als Zuschlagstoff in Beton. Sand, der durch fluviatile Prozesse transportiert wurde, weist passende Eigenschaften auf. Weltweit werden deshalb Flusssande in enormen Mengen abgebaut, um die beständig hohe weltweite Nachfrage zu decken. Zudem spielt die mineralogische Zusammensetzung der Zuschlagstoffe für Beton eine wichtige Rolle. Unreine Zuschlagstoffe können zu unerwünschten chemischen Reaktionen führen und somit die Festigkeit des Betons verringern, was letztlich schwere Schäden an Bauwerken hervorrufen kann. Auch Gegenstände des täglichen Bedarfs wie beispielsweise Trinkgläser und Fensterglas enthalten Sand, genauer gesagt Quarzsand, der aus mindestens 95 % Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) besteht. Äußerst reiner Quarzsand ist der Grundstoff für die Gewinnung von

Silizium für die Halbleiterindustrie und andere Bereiche der Elektroindustrie. Verfestigten Sand bezeichnet man als Sandstein. Sandsteine mit entsprechenden Eigenschaften sind wichtige natürliche Speichergesteine unter anderem für Kohlenwasserstoffe. In jüngster Zeit werden Sandsteine, deren Porenräume ehemals Kohlenwasserstoffe enthielten, potenzielle Speichergesteine für die dauerhafte Verwahrung von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) im Untergrund – sprich  $\text{CO}_2$ -Sequestrierung bzw. CCS, was für Carbon (Dioxide) Capture and Storage steht [2]. Die Eigenschaften von Sand und Sandstein und somit die Qualität dieser Georessourcen werden primär durch die mineralogische Zusammensetzung bestimmt. Auch Kornparameter wie Rundungsgrad und Oberflächenbeschaffenheit spielen eine wichtige Rolle. Detaillierte petrographische, mineralogische und geochemische Untersuchungen an Sanden und Sandsteinen können helfen, Risiken zu erkennen und zu minimieren.

Obwohl Sand und Sandstein wichtige Georessourcen sind und wir täglich mit diesen direkt oder indirekt im Kontakt stehen, haben sich vermutlich bisher nur wenige Leser dieses ACAMONTA-Beitrags die Frage gestellt: Woher kommen die einzelnen Sandkörner aus denen Sand und Sandstein bestehen? Ein Ziel meiner Forschung ist es, genau diese Frage zu beantworten.

### Sand und Sandstein

Sand ist ein Lockersediment im Korngrößenbereich 0,063 bis 2,00 mm. Wenn die Sandkörner in einem festen Kornge-

### Kontakt

TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Geologie  
Bernhard-von-Cotta-Straße 2  
09599 Freiberg  
guido.meinhold@geo.tu-freiberg.de

füge vorliegen, beispielsweise durch Zementation mit Quarz oder Calcit, spricht man von Sandstein. Der Begriff Sandstein beschreibt klastische Sedimentgesteine, in denen die Sandfraktion mehr als 50 % der Mineral- und Gesteinsbruchstücke stellt [3]. Sandstein, der zu mehr als 95 % aus Quarzkörnern besteht, nennt man Quarzsandstein oder Quarzarenit. Das Wort Arenit kommt vom lateinischen Wort arena, was unter anderem Sand bedeutet. Neben Quarz können Sandsteine auch anderen Minerale wie beispielsweise Feldspat sowie Lithoklasten (Gesteinsbruchstücke) enthalten. Abhängig von den Gehalten an Quarz, Feldspat und Lithoklasten werden verschiedene Sandstein-Typen unterschieden. Wenn Sandsteine einen Matrixgehalt von 15 bis 75 % aufweisen, spricht man von Grauwacke oder Wacke [3]. In einem Sand bzw. Sandstein können neben den Hauptkomponenten Quarz, Feldspat und Lithoklasten auch akzessorische Minerale wie beispielsweise Schwerminerale vorkommen, welche jedoch meist nur weniger als 1 % des Gesamtanteils ausmachen. Schwerminerale sind Minerale mit einer Dichte von mehr als 2,9 g/cm<sup>3</sup>, häufig Zirkon, Rutil, Turmalin, Apatit, Granat, Monazit, Titanit und Eisenoxide.

### Alles beginnt im Liefergebiet

Die Zusammensetzung von Sand bzw. Sandstein wird primär durch die im Liefergebiet (sprich im Hinterland) anstehenden Gesteine bestimmt. Ein Gebirge, das beispielsweise vorwiegend aus Granit besteht und im Laufe der Erdgeschichte durch Wasser, Wind und Eis abgetragen und eingeebnet wird, liefert hauptsächlich Quarz, Feldspat, Glimmer und Lithoklasten mit granitischer Zusammensetzung. Während des Sedimenttransports zumeist durch Wasser in Flüssen und untergeordnet durch Gletscher und Wind vom Liefergebiet in den Ablagerungsraum wird der Sand modifiziert unter anderem durch das Auflösen von instabilen Mineralphasen durch Lösungs- und Silikatverwitterung. Es kommt zudem zur Zerkleinerung und Veränderung des Rundungsgrades der Sandkörner. Je weiter der fluviale Sedimenttransport erfolgt, desto höher ist der Rundungsgrad der Körner. Im Ablagerungsraum werden die Sandkörner Schicht für Schicht abgelagert. Mit zunehmender Versenkung der Sedimentschichten findet schließlich die Diagenese (u. a. Zementierung) statt. Sand wird zu Sandstein. Ein Teil des Porenraums zwischen den Sandkörnern bleibt oft erhalten und verleiht dem Sandstein eine Porosität.

### Die Vergänglichkeit von Liefergebieten

Gebirgsbildung (auch Orogenese genannt) geht auf plattentektonische Prozesse zurück. Weitere morphologische Erhebungen auf der Erdoberfläche stellen Vulkane dar. Gebirge und Vulkane sind jedoch vergänglich und unterliegen nach ihrer Bildung der Erosion und Verwitterung. Im Laufe der Erdgeschichte gab es mehrere Orogenesen und unzählige Vulkane, von denen man heutzutage meist nur noch indirekt Indizien in den Mineralen und Lithoklasten von Sanden bzw. Sandsteinen finden kann. Ein gutes Beispiel sind die detritischen Zirkone, die aus circa 2,6 bis 3,1 Milliarden Jahre alten quarzzementierten Sandsteinen und gröberkörnigen Sedimentgesteinen aus den Jack Hills in West-Australien separiert und mittels Uran-Blei-Datierung analysiert wurden. Die ältesten Zirkone ergaben Alter von circa 4,0 bis 4,4 Milliarden Jahren [4]. Kombiniert mit der Signatur der Seltenen

Erden und Sauerstoffisotopen in den Zirkonen geben sie Hinweise darauf, dass es schon vor circa 4,4 Milliarden Jahren kontinentale Kruste und Ozeane auf der Erde gegeben haben muss [4]. Diese Zirkone sind das älteste terrestrische Material, welches bisher auf der Erde gefunden wurde.

### Woher kommen die Sandkörner?

Zur Entschlüsselung der Herkunft der Komponenten von Sand bzw. Sandstein betreibt man Liefergebietssanalyse (auch Provenienzanalyse genannt). Sie ist ein essentieller Bestandteil der Exogenen Geologie/Sedimentologie, um die Herkunft (Liefergesteine) und Modifikation des Sediments durch exogene Prozesse vom Liefergebiet in den Ablagerungsraum zu ermitteln. Dieses Wissen ist für die Rekonstruktion des Klimas, des tektonischen Rahmens (aktiver Plattenrand versus passiver Plattenrand oder intrakontinentales Regime) und der Paläogeographie in der Erdgeschichte von wesentlicher Bedeutung. Dabei arbeitet man wie ein Detektiv, um das, was in der Vergangenheit passiert ist, zu entschlüsseln. Für die Quantifizierung der Eigenschaften von Sand bzw. Sandstein werden eine Reihe von Analysetechniken verwendet, unter anderem die petrographische Analyse mittels Dünnschliffmikroskopie, die Geochemie am Gesamtgestein zur Bestimmung der Haupt-, Spuren- und Seltenerdelemente mittels der Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie und Massenspektrometrie sowie Isotopenanalysen entweder am Gesamtgestein oder an Einzelmineralen (z. B. Zirkon, Rutil, Apatit) für die Thermochronologie und Geochronologie mittels Massenspektrometrie. Besonders nützlich sind Schwerminerale wie beispielsweise Rutil [5] und Granat [6], da sich diese anhand ihrer mineralchemischen Signatur bestimmten Liefergesteinen zuordnen lassen. An detritischen Zirkonen wird oft die Uran-Blei-Datierung zum Ermitteln des Bildungsalters der Zirkone durchgeführt, um Rückschlüsse auf mögliche Liefergesteine treffen zu können. Mit Hilfe von Altersspektren detritischer Zirkone aus klastischen Sedimenten und Sedimentgesteinen kann man paläogeographische Modelle testen und falls nötig verbessern [7]. Auch nach meinem Wechsel an die TU Bergakademie Freiberg im Oktober 2021 wird die Liefergebietssanalyse weiterhin einen meiner Forschungsschwerpunkte darstellen und ich möchte Studierende an dieses spannende Thema in der Lehre und durch Qualifizierungsarbeiten heranführen.

### Literatur

- 1 UNEP, 2022. Sand and Sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland.
- 2 CO<sub>2</sub>GeoNet, 2021. State-of-play on CO<sub>2</sub> geological storage in 32 European countries – an update. CO2GeoNet Report, 325 S., doi:10.25928/co2geonet\_eu32-o.
- 3 Pettijohn, F.J., Potter, P.E., Siever, R., 1987. Sand and sandstones. 2. Auflage, Springer, Berlin, 553 S.
- 4 Wilde, S.A., Valley, J.W., Peck, W.H., Graham, C.M., 2001. Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. Nature 409, 175-178.
- 5 Meinholt, G., 2010. Rutile and its applications in earth sciences. Earth-Sci. Rev. 102, 1-28.
- 6 Schöning, J., von Eynatten, H., Tolosana-Delgado, R., Meinholt, G., 2021. Garnet major-element composition as an indicator of host-rock type: a machine learning approach using the random forest classifier. Contrib. Mineral. Petrol. 176, doi:10.1007/s00410-021-01854-w.
- 7 Meinholt, G., Bassis, A., Hinderer, M., Lewin, A., Berndt, J., 2021. Detrital zircon provenance of north Gondwana Palaeozoic sandstones from Saudi Arabia. Geol. Mag. 158, 442-458.

# Die Resilienz von Infrastruktursystemen

## Das Beispiel der Wasserstraßen

Marcus Wiens<sup>1</sup>, Rebecca Wehrle<sup>2</sup>, Miriam Klein<sup>2</sup>, Frank Schultmann<sup>2</sup>

Die Gewährleistung von Sicherheit und Verlässlichkeit von Infrastruktursystemen ist gerade in Zeiten globaler Vernetzung und kumulierenden Risiken wie Klimawandel und Pandemie eine wichtige gesellschaftliche Aufgabe. Für das Beispiel der Wasserstraßen als spezieller Transportinfrastruktur wird in diesem Beitrag ein umfassender Risikomanagement-Ansatz vorgestellt. Die Untersuchungen waren Gegenstand des BMBF-geförderten Verbundprojekts PREVIEW (Resilienz kritischer Verkehrsinfrastrukturen am Beispiel der Wasserstraßen).

### Wasserstraßen als multifunktionale Infrastruktur

Wasserstraßen sind eine in der öffentlichen Diskussion sowie auch in der wissenschaftlichen Forschung eher wenig beachtete Verkehrsinfrastruktur. Das Netz der Bundeswasserstraßen in Deutschland umfasst circa 7.400 Kilometer Binnenwasserstraßen, von denen circa 75 Prozent der Strecke auf Flüsse und 25 Prozent auf Kanäle entfallen (GdWS 2022). Allein im Jahr 2021 wurden Güter im Gesamtvolumen von 195 Mio. t per Binnenschifffahrt transportiert. Dieser Transportmodus eignet sich vor allem für schwere, sperrige

Zeitverkehr eine bedeutende Rolle. Weitere, insbesondere hydromechanische Aufgaben der Wasserbauwerke bestehen in ihrer wasserhaltenden (z.B. Damm), wasserstandsregelnden (z.B. Wehr) sowie -sichernden Funktion (bei letzterer sichern die Objekte den Wasserspiegel auf der Wasserstraße primär bei Hochwasserereignissen). Zudem gewährleisten bestimmte Bauwerke die Kreuzung von Wasserflüssen, wie z.B. ein Düker, der einen Kanal unterquert oder ein Kanal, der einen Fluss überquert (BMVI 2014).

### Wasserstraßen als vulnerable Infrastruktur mit Gefährdungspotential

Die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland insgesamt leidet seit langem unter einem hohen Instandsetzungsrückstau bei Autobahnen, Bundesstraßen und Brücken (BAST 2021, BMVI 2015), dem gemäß Bundesverkehrswegeplan (BVWP) mit zusätzlichen Verkehrsinvestitionen entgegengewirkt werden soll (BMVI 2016). Die Bundeswasserstraßen sind hier keine Ausnahme. Der Bauwerksbestand an deutschen Wasserstraßen ist überaltert, und Zustandsprüfungen zeigen einen akzelerierenden Bedarf an Instandsetzung und Neubau.

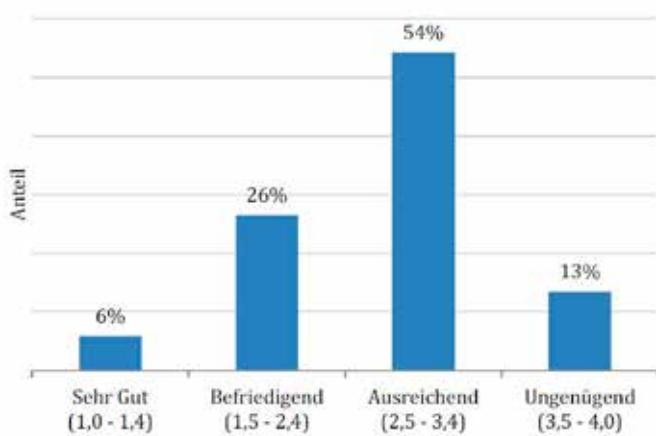


Abb. 1: Links: Verteilung der 245 Wehranlagen im Bestand der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) des Bundes in den vier Zustandsnotenbereichen (Quelle: Schmidt-Bäumler 2020)). Rechts: Durch Korrosion und Dauerbelastung beschädigtes Schleusenstor (Quelle: BAW 2015)

Massengüter, wie insbesondere Steine, Erden, Erze, Kohle und Mineralölprodukte, deren Transport zwar zuverlässig funktionieren soll aber grundsätzlich etwas weniger zeitkritisch ist. Ausgehend von den Häfen als Drehscheibe des internationalen Handels, versorgt die Binnenschifffahrt über Wasserstraßen wie Rhein, Donau, Elbe und Kanäle wichtige Anrainer-Industrien, wie Raffinerien, Kraftwerke, die chemische und verarbeitende Industrie, die Baustoffbranche und die Agrar-, Montan- und Düngemittelindustrie.

Die Binnenschifffahrt ist ein vergleichsweise umweltfreundlicher, weil energieeffizienter, Verkehrsträger, da sie beim Transport von Massengütern im Vergleich zur Bahn und dem LKW-Transport die niedrigsten Emissionen und den geringsten Energieverbrauch aufweist. Über die Transportfunktion hinaus spielen die Wasserstraßen auch für den Frei-

In Abbildung 1 (linkes Bild) ist zu sehen, wie sich die Wehranlagen auf die vier Zustandsklassen von sehr gut bis ungenügend verteilen. Gemeint ist hier der „bauliche Zustand“, der bei regelmäßigen Bauwerksinspektionen am Gebäudebestand erhoben wird. Demnach befinden sich über zwei Drittel der Wehranlagen in einem lediglich ausreichenden oder sogar ungenügenden Zustand.

Das rechte Bild von Abbildung 1 zeigt ein von Korrosion beeinträchtigtes Schleusenstor. Bei Schleusen stellen mittler-

1 Technische Universität Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insb. Innovations- und Risikomanagement, Marcus.Wiens@bwl.tu-freiberg.de  
2 Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion

weile auch marode Poller ein Problem dar, weshalb dort nun sogenannte „Festmacher“ Hand anlegen müssen. Einkammer-Schleusen sind nur unter erheblichem Aufwand so instandzusetzen, dass der Schiffsbetrieb ungestört weiterlaufen kann. Dabei ist zu bedenken, dass von den 260 Einkammer-Schleusen, die von der WSV betrieben werden, mittlerweile 120 älter als 80 Jahre sind (Schmitz & Schwarzweller 2021). Der Ausfall von vielbefahrenen Schleusen kann schnell zu einem beträchtlichen ökonomischen Schaden führen. Beispielsweise kam es im Jahr 2019 gleich zwei Mal auf dem Main-Donau-Kanal zu einer Sperrung der Schleuse Riedenburg, nachdem Schiffe mit der Schleuse havariert waren. Bereits eine Sperrung von einer Woche resultiert hier in einem Rückstau von ca. 70 Schiffen und einem sechsstelligen wirtschaftlichen Schaden durch den Ausfall termingebundener Transporte, Fahrdienstleistungen und Tourismus.

Der Ausfall von Schleusen führt jedoch nicht nur zu wirtschaftlichen Schäden, sondern kann durch die ausbleibende Versorgung von Raffinerien und chemischen Anlagen Engpässe in der Energieversorgung sowie Verzögerungen bei der Arzneimittelherstellung verursachen. So kam es während des Niedrigwassers auf dem Rhein im Jahr 2018 durch ausbleibende Versorgung der Raffinerien zu einem kurzzeitigen Treibstoffengpass, woraufhin die Bundesregierung erstmalig den Zugriff auf die nationale Öl-Reserve freigab. „Laut einer *Stellungnahme des BDI e.V.* waren 2018 aufgrund des Niedrigwassers die Mehrheit der Industrieunternehmen aus den Branchen Chemie, Stahl, Papier, Metalle, Baustoffe sowie Agrar- und Mineralölprodukte stark bis sehr stark vom Niedrigwasser betroffen.“ (Scholten, A. & Rothstein, B. 2012) Zur Drucklegung dieses Beitrags im Jahr 2022 war wieder ein ähnlich gravierendes Niedrigwasserszenario zu beklagen.

Wenngleich seltener und von der Dimension her weniger gravierend, können auch ausgefallene oder beschädigte Dächer zu ähnlichen Problemen führen. Dächer können bspw. zur Versorgung mit Öl, Nutzwasser sowie zur Versorgung von Kältenetzen eingesetzt werden. Ein Ausfall kann daher Engpässe im Bereich der Wasser- und Energieversorgung zur Folge haben und beschädigte Gefahrstoff-Dächer können zu Umweltschäden führen.

Eine direkte Gefährdung der Bevölkerung besteht am ehesten bei Dammbrüchen. Während der Hochwasserkatastrophe im Jahr 2016 drohte bereits ein Dammbruch in Nordrhein-Westfalen und während der Flutkatastrophe in Westdeutschland im Jahr 2021 brach ein Damm der Rur im Kreis Heinsberg. Dammbrüche sind vor allem bei Starkregen und Hochwasser zu befürchten, da die bereits überalterte Infrastruktur der Wucht nur schwer standhalten kann. Es sind jedoch auch dann Gefahren durch einen Dammbruch bei normaler Wetterlage denkbar, wenn der Damm in größerer Höhenlage zu einer unmittelbar benachbarten Siedlung liegt (sog. Kanalseitendamm). Dies verdeutlicht beispielsweise das Unglück von Katzwang am Main-Donau-Kanal im Jahre 1979.

Die Instandsetzungsplanung von Wasserbauwerken erfolgte bislang fast ausschließlich auf Basis des jeweiligen Objektzustands, d.h. diejenigen Bauwerke mit dem schlechtesten Zustand werden als erste instandgesetzt. Dies ist aus gleich zwei Gründen nicht mehr praktikabel. Wie Abbildung 1 allein für die Wehre verdeutlicht, befinden sich mittlerweile derart viele Objekte innerhalb der Zustandskategorien 3 und 4, dass eine Differenzierung und Priorisierung de facto nicht

mehr möglich ist. Vor dem Hintergrund des oben beschriebenen Risikopotentials des überalterten Bauwerkbestands wird es darüber hinaus von immer größerer Bedeutung, dass sich die Instandsetzungsplanung auch an den Ausfallszenarien und somit an einer *Risikoanalyse der wasserbaulichen Infrastruktur* orientiert.

## Ziele und Untersuchungsgebiet des Verbundprojekts PREVIEW

Unter Resilienz versteht man „*die Fähigkeit eines (sozialen, wirtschaftlichen, technischen) Systems, den Auswirkungen von Gefahren zu widerstehen, sie zu absorbieren, sich ihnen anzupassen und sich von ihnen rechtzeitig und effizient zu erholen, einschließlich der Erhaltung und Wiederherstellung seiner wesentlichen Grundstrukturen und Funktionen*“ (Boin et al. 2010; Christopher & Peck, 2014).

Das Ziel des Verbundprojekts PREVIEW war es, die *Resilienz* der Wasserstraßeninfrastruktur in Deutschland zu erhöhen, und damit die Verkehrssicherheit auf den Bundeswasserstraßen und die Versorgungssicherheit für essentielle Güter, insbesondere Trink- und Brauchwasser für die Bevölkerung bzw. für Industrie und Kraftwerksbetreiber, sowohl im Normalfall als auch in Ausnahmesituationen, zu gewährleisten.

Zu diesem Zweck sollte eine risikobasierte Instandhaltungsstrategie sowie Notfallpläne für den Gütertransport entwickelt werden, die neben der bisher technisch-ökonomisch motivierten Bewertung von Einzelinvestitionen zukünftig Risiko- und Resilienzaspekte in die Entscheidung integrieren. Die innovativen Merkmale des PREVIEW-Projekts bestehen somit im Risikofokus im Rahmen der Bauwerk-Instandhaltung, im systemischen Ansatz der Risiko- und Resilienzbetrachtung sowie in der ganzheitlichen, interdisziplinären Ausrichtung, die die Beteiligung von Experten aus den Bereichen Bauingenieurwesen, wasserbaulicher Infrastruktur, Sicherheitsforschung, Bevölkerungsschutz und Wirtschaftswissenschaften, insb. Logistik, erforderte. Die Projektpartner des PREVIEW-Projekts waren das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit einem der Autoren dieses Beitrags als Verbundkoordinator, die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), die Hochschule Karlsruhe (HsKA), die Logistikberatung 4flow AG sowie das Ingenieurbüro antwortING PartGmbB.

Der entwickelte Ansatz wurde auf das *Westdeutsche Kanalnetz (WDKN)* als konkretes Untersuchungsgebiet bezogen. Das WDKN ist das verkehrsreichste Wasserstraßennetz Europas, denn es umfasst insgesamt 447 Kilometer von Güterschiffen befahrbare Kanäle und verbindet die Ströme Rhein, Ems, Weser und Elbe. Den Wasserstraßen in dieser Untersuchungsregion kommt eine besondere ökonomische Bedeutung zu: Auf die Wasserstraßen in NRW entfällt ein Anteil von fast 30 Prozent am gesamten Güterverkehr (im Vergleich zu lediglich 8 Prozent auf Bundesebene). Für das WDKN stellt der Unterhain die Verbindung zu den niederländischen Seehäfen her. Der wichtigste Kanal ist neben dem Dortmund-Ems-Kanal der Wesel-Datteln-Kanal von 60 km Länge, der in den Jahren 1915-1930 erbaut wurde (ausgebaut in den Jahren 1966-1990). Der Wesel-Datteln-Kanal erfüllt eine wichtige Funktion für den Transport von Chemikalien und Kohle und umfasst insgesamt sechs Schleusen (Friedrichsfeld, Hünxe, Dorsten, Flaesheim, Ahsen und Datteln). Der Kanal hat eine hohe Bedeutung für die Chemieindustrie, vor allem des Chemieparks Marl, der mit rund 10.000 Beschäftigten einer der größten Industrieparks Deutschlands ist.

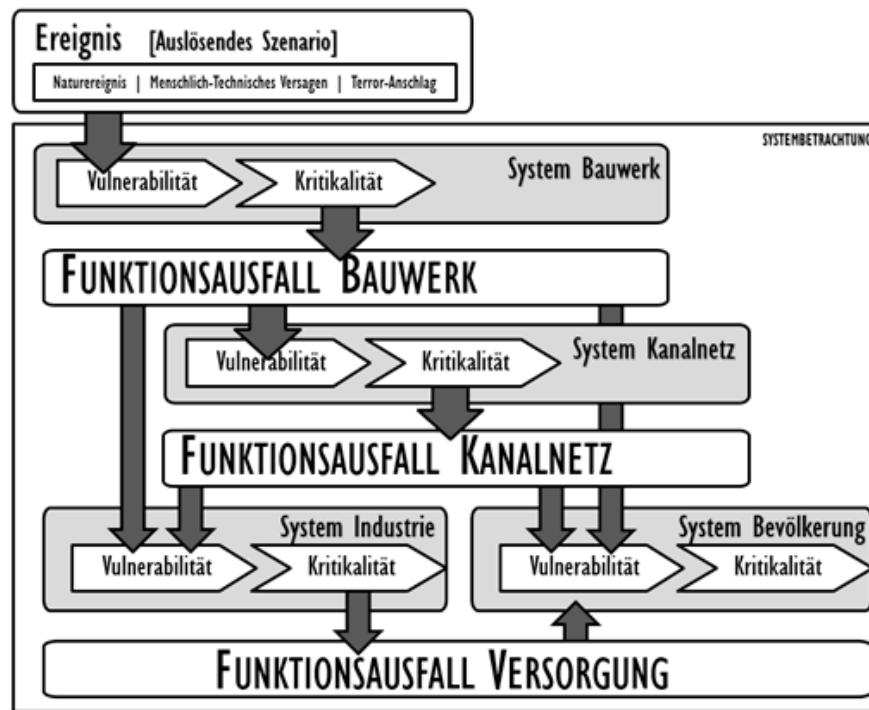


Abb. 2: Risikosystematik des PREVIEW-Ebenensystems (Quelle: Wehrle et al., 2020)

Im Falle des Niedrigwassers auf dem Rhein besteht die Gefahr einer Überbeanspruchung des WDKN. Da der Wasserstand im Kanalnetz selbst vergleichsweise gut regelbar ist, nutzen Schiffe die Umfahrung des Rhein über das WDKN, was das System an seine Belastungsgrenzen führen kann. So werden Bauteile mehr als üblich beansprucht, etwa wenn z.B. Schleusen 24h am Tag in Betrieb sind. Es darf auch nicht vergessen werden, dass das Kanalnetz aus dem Wasser des Rheins gespeist wird. Bei extremem Niedrigwasser würde auch das Kanalnetz an seine Grenzen kommen, nämlich dann, wenn der Wasserstand niedriger ist als die Anbrinngungshöhe der Pumpen zur Speisung der Kanäle.

### Der risikobasierte Ansatz im Verbundprojekt PREVIEW

Der systemorientierte Ansatz im PREVIEW-Projekt folgt einem Ebenensystem (siehe Abbildung 2). Ausgangspunkt der Überlegungen ist eines von drei im Projekt betrachteten auslösenden Gefahrenszenarien „Naturgefahren“ (insb. Hochwasser- und Niedrigwasser), menschlich-technisches Versagen (insb. mangelhafte Instandsetzung der Bauwerke) und feindselig gesinnnte Angriffe (z.B. Zündung einer Bombe an einem Damm oder einer Kanalbrücke). Die Gefährdungsszenarien können auch parallel eintreten. So reduziert ein schlechter Bauwerkszustand auch die Widerstandskraft des Bauwerks gegenüber einer erhöhten Belastung von außen, wie z. B. Hochwasser.

In der Folge dieses Ereignisses kommt es zur Einwirkung auf das betreffende Bauwerk und führt zum

Risiko des Bauwerksversagens (z. B. Gefahr eines Dammbruchs). Die Wahrscheinlichkeit eines Bauwerksversagens sowie auch möglicher Abstufungen (insb. Teilversagen versus Totalversagen) hängt neben dem äußeren Einfluss maßgeblich von der immanenten Vulnerabilität des Bauwerks ab. Als risikorelevante Bauwerke des Untersuchungsgebiets wurden im Zuge einer Vorauswahl Dämme, Durchlässe und Düker, Hochwassersperrtoranlagen, Leitungsdüker, Pumpwerke, Schleusen, Sicherheitstoranlagen sowie Wehre identifiziert.

Der erste Schritt der Risikoanalyse erfolgt somit auf Bauwerkebene aus bauingenieur- bzw. baustatischer Perspektive. Hier wurden stellvertretend für Bauwerksgruppen Risikoanalysen für ausgewählte Bauwerks-Prototypen auf Basis von Nachweisschnitten durchgeführt und auf dieser Grundlage die Bauwerksrobustheit (im Sinne von Stabilität und Widerstandsfähigkeit) bestimmt.

Unter Hinzunahme der Szenarien erhält man Vulnerabilitäts-Scores, die eine qualitative Versagenswahrscheinlichkeit je betrachtetem Sicherheitsszenario angeben (Akkermann & Weiler 2020).

Die zu erwartende Schadensfolge aus einem Ereignis, das dann auch die Funktionen anderer Ebenen des Systems beeinträchtigt, entspricht der *Kritikalität* des betreffenden Bauwerks. Je eher ein Bauwerksversagen auf dieser Stufe zu erwarten ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass im nächsten Schritt das gesamte Kanalnetz von diesem Ereignis betroffen ist. Der Ausfall einer oder mehrerer Funktionen des Kanalnetzes kann im nächsten Schritt zu Gefahren und Beeinträchtigungen der Industrie sowie der Bevölkerung führen.

Die besondere Bedeutung des WDKN für die Anrainer-Industrien wurde bereits beschrieben. In diesem Teil ging es darum zu ermitteln, für welche Konstellationen eines Funk-

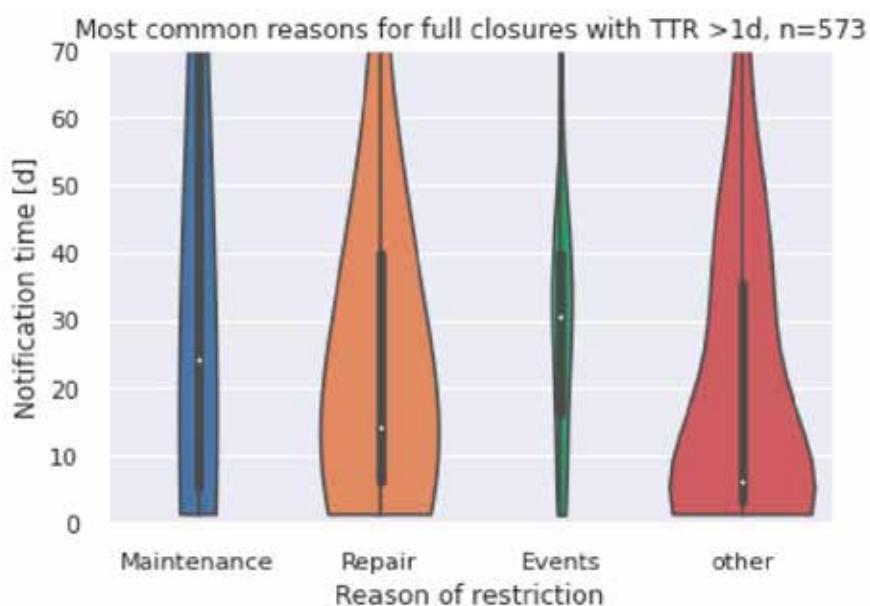


Abb. 3: Häufigkeit historischer Vorwarnzeiten (TTR = TimeTo Repair; Quelle: Gast et al. 2020)

tionsausfalls des Kanalnetzes bestimmte Industriebranchen besonders betroffen wären. Die Vulnerabilität der Industrien ist unter anderem davon abhängig, ob der betreffende Standort auch über alternative Routen per Schiff oder mittels Verkehrsverlagerung auf andere Transportmodi erreichbar wäre. Die logistische Analyse umfasste daher primär die Bestimmung von Kosten und zeitlichen Verzögerungen auf Basis von Transportnetzwerk-Modellen (z. B. durch Formulierung als sog. Traveling Purchaser Problem).

Aus kurzfristiger Perspektive spielen bspw. die Vorwarnzeiten eine große Rolle, mit denen der Infrastrukturbetreiber betroffenen Industrien so früh wie möglich Sperrungen von Kanalabschnitten oder Schleusen ankündigt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft, wie die Länge der Vorwarnzeit vom Grund der Sperrung abhängt. So führen Gründe wie regelmäßige Wartung (maintenance) oder Sperrungen aus besonderem Anlass, wie etwa Wassersportevents (events), zu einem deutlich größeren zeitlichen Vorlauf als kurzfristig erforderliche Reparaturen (repair), die z. B. durch Schiffsanfahrungen verursacht wurden. In diesem Zusammenhang muss man sehen, dass für die Mehrzahl der betroffenen Anrainerfirmen eine Vorwarnzeit von sieben Tagen mit einer schweren Beeinträchtigung ihrer Prozesse einhergeht. Eine Vorwarnzeit von lediglich einem Tag würden ca. 40 % der Firmen als „katastrophal“ einstufen.

Im Lichte des Instandsetzungsrückstaus sind in Zukunft häufigere und möglicherweise auch längere Sperrzeiten zu erwarten. Ohne entsprechende Maßnahmen könnte dies be-

stimmt Industrien dazu zwingen, künftig sogar über Standortverlagerungen nachzudenken. Befragungen im Projekt haben allerdings ergeben, dass momentan noch eine gewisse Flexibilität besteht, im Engpass benötigte Vorprodukte verstärkt über die Bahn anliefern zu lassen. Dennoch zeigt es, wie wichtig es für Infrastrukturbetreiber ist, die Auswirkungen von Störungen auf die Nutzer zu kennen und umfassend auf Basis der *Total Cost of Ownership* (TCO) zu bewerten. Die TCO geben für Investitionsgüter alle anfallenden Kosten an und umfassen neben dem Einkaufs- bzw. Herstellungspreis auch vollumfänglich alle Kosten des Betriebs, des Unterhalts sowie Opportunitätskosten und Externalitäten. Der Einsatz von *Serious Gaming*, einem interaktiven Ansatz, bei dem man strategische Entscheidungen in der Art eines Spiels simulieren und nachvollziehen kann, im Rahmen eines Workshops mit Stakeholdern verdeutlichte gut, welche zentrale Rolle eine frühzeitige gemeinsame Planung und enge Abstimmung spielt, um die ökonomischen Externalitäten eines schlechten Infrastruktur-Zustands auf ein Minimum zu beschränken (Wehrle et al. 2022).

In Bezug auf das „System Bevölkerung“ wurde auf Basis von Literaturrecherchen, Expertengesprächen, Workshops und einfachen Risikoabschätzungen ebenfalls eine erste Einengrenzung potentieller Risiken vorgenommen. Demzufolge ist eine mögliche Gefährdung der Bevölkerung durch Bauwerkversagen für das Untersuchungsgebiet des WDKN nur in sehr wenigen Szenarien denkbar. Ein Ausfall an versorgungsrelevanten Gütern, der die Versorgungssicherheit der Anrainer-

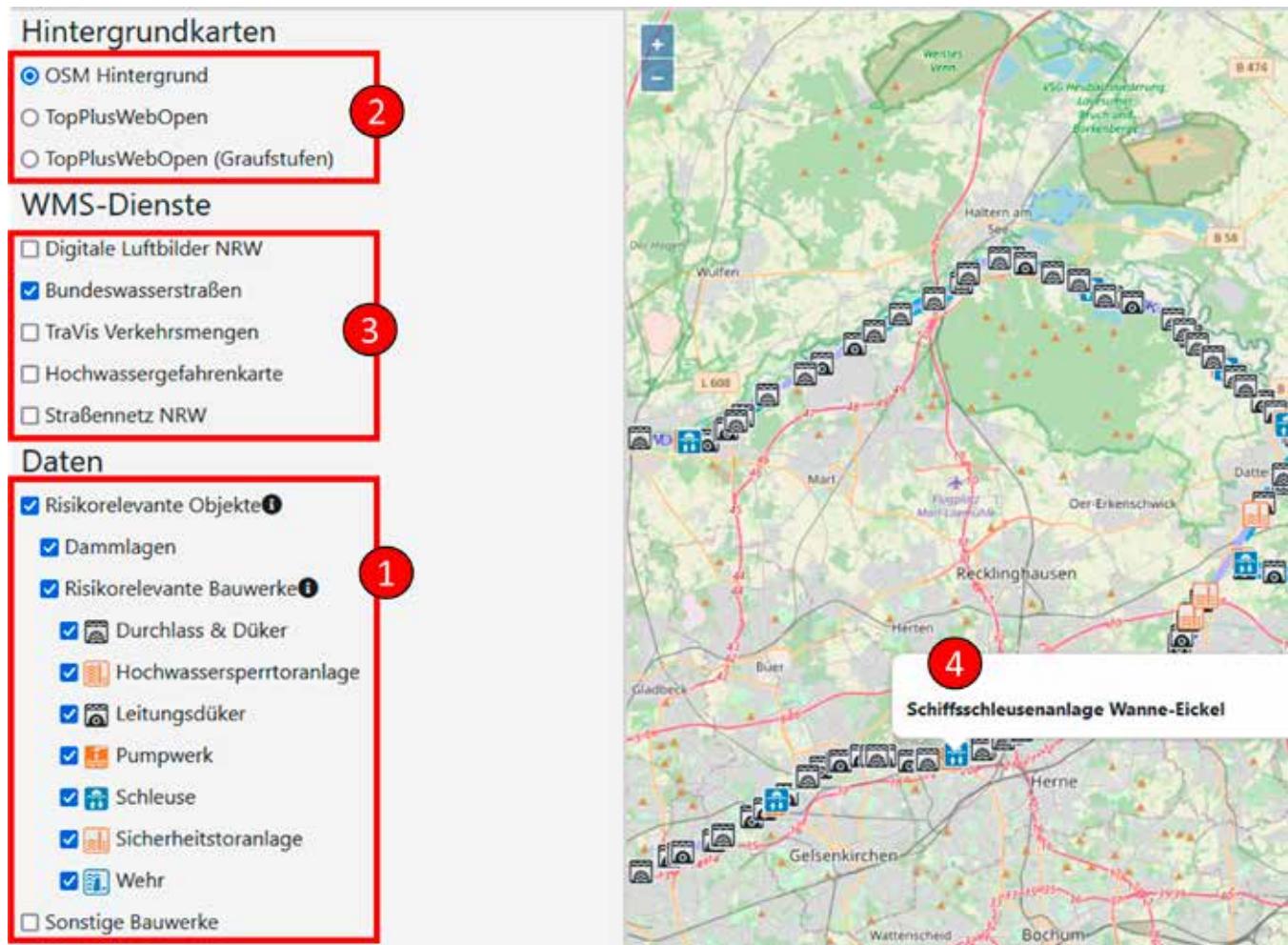


Abb. 4: GIS-basierter Demonstrator (Quelle: PREVIEW-GIS 2021)

Bevölkerung beeinträchtigen könnte, ist im WDKN sogar gar nicht zu erwarten, da die Rohöl-/Mineralölvorsorgung über Pipelines stattfindet und weitere kritische Güter des täglichen Bedarfs (z. B. Medizingüter, Lebensmittel) über die Straße transportiert werden können. Als potentiell kritische Bauwerksgruppen wurden die Kanalseitendämme und die Düker- bzw. Durchlassanlagen identifiziert. In die Bestimmung des potentiellen Schadens flossen einerseits die geografischen und baulichen Gegebenheiten (z. B. Dammhöhe, Erfüllungsgrad der Standsicherheitskriterien für Dämme), eine Simulation des Überflutungseignisses (Bestimmung von Überflutungsfläche, -tiefe sowie Fließgeschwindigkeiten auf Basis einer hydrodynamisch-numerischen 2D-Modellierung) sowie die Schutzziele mit ein, insbesondere im Bereich der Überflutungsfläche befindliche Gebäude und dort lebende Personen (Hüttelmaier et al. 2019). Die Risiken für die Industrie und die Bevölkerung wurden abschließend – ausgehend von den individuellen Analysen der jeweiligen Fachdisziplinen – wieder in einen einheitlichen, vereinfachten Risikowert zwischen 1-5 übertragen.

### GIS-Visualisierung und die PREVIEW-Risk Map

Die Ergebnisse der PREVIEW-Risikosystematik flossen in ein Simulationsmodell ein, welches mögliche Gefahrenlagen am Beispiel des Westdeutschen Kanalnetzes visualisiert. Der Demonstrator des Projekts, PREVIEW-GIS, stellt ein GIS-basiertes Tool zum Monitoring der Bauwerks-Resilienz dar (siehe Abbildung 4). Er umfasst die Geodaten der wasserbaulichen Infrastrukturelemente am Westdeutschen Kanalnetz sowie die Daten zur Risikobewertung. Für jedes in der Karte aktivierte Bauwerk wird per Mouseover eine kleine virtuelle Karteikarte angezeigt, die den Typ des Bauwerks, seine Lage sowie den Risikowert enthält. Auch ein direkter Vergleich mehrerer Bauwerke in einer Risikomatrix ist möglich. Weitere Details zum Aufbau, den Berechnungen sowie zur GIS-Implementierung ist der Broschüre zum Demonstrator des Verbundprojekts zu entnehmen (PREVIEW-GIS 2021). Das Instrument lässt sich kurzfristig einsetzen, indem der Betreiber z. B. zu Beginn eines Starkregenereignisses prüfen kann, ob – und falls ja wo – vorbereitende Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung erforderlich sein könnten. Das wesentliche Ziel ist jedoch die planerische, strategische Anwendung des Tools im Sinne einer risikobasierten Priorisierung von Instandsetzungsmaßnahmen.

### Zusammenfassung, Ausblick und Danksagung

Im Verbundprojekt PREVIEW wurde ein ganzheitlicher und interdisziplinärer Ansatz zur Risiko- und Resilienzbewertung für die wasserbauliche Verkehrsinfrastruktur entwickelt. Der Ansatz analysiert und bewertet miteinander verbundene Teilsysteme und ermöglicht es Entscheidungsträgern, die Abhängigkeiten dieser Teilsysteme nachzuvollziehen und somit Instandsetzungsmaßnahmen risikobasiert zu planen. Aktuell laufen Folgearbeiten, und zwar sowohl Weiterentwicklungen der einzelnen Bausteine durch die früheren Projektpartner als auch die Übertragung dieses Ansatzes auf andere (Verkehrs-)Infrastrukturen, die mit einem ähnlich dramatischen Instandsetzungsrückstau zu kämpfen haben. Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle und dem Projektträger VDI TZ GmbH für die konstruktive und beratende Begleitung des Projekts. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

### Referenzen

Akkermann, J. & Weiler, S. (2020): Vulnerabilität von Verkehrswasserbauwerken. *Bautechnik*, 97(6): 377-386. <https://doi.org/10.1002/bate.202000009>

Boin, A. (2010): Designing Resilience: Leadership Challenges in Complex Administrative Systems. In: Comfort, L. K.; Boin, A. & Demchak, C. (Hrsg.): *Designing Resilience: Preparing for Extreme Events*, Pittsburgh, PA: Pittsburgh University Press, 129-141.

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW 2015): BAW Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken (MSV), BAW Merkblatt Nr. 53. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102476> [Abrufdatum: 14.07.2022]

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST 2021): Brückenstatistik. URL: <https://www.bast.de/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.html> [Abrufdatum: 14.07.2022]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI 2016): Bundesverkehrswegeplan 2030. URL: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile) [Abrufdatum: 14.07.2022]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI 2015): Verkehrsinfrastrukturbericht. URL: <https://www.vbw-ev.de/de/component/zoo/item/bmvi-verkehrsinfrastrukturbericht-2016-auszug-wasserstrassen.html?Itemid=122> [Abrufdatum: 14.07.2022]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI 2014): VV-WSV 1102 Objektkatalog. Verwaltungsvorschrift der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Christopher, M. & Peck, H. (2004): Building the Resilient Supply Chain. *International Journal of Logistics Management*, 15, 1-13. [10.1108/09574090410700275](https://doi.org/10.1108/09574090410700275)

Gast, J.; Wehrle, R.; Wiens, M. & Schultmann, F. (2020): Impact of Notification Time on Risk Mitigation in Inland Waterway Transport. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL) 2020*. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/228923/1/hicl-2020-29-247.pdf>

Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GdWS 2022): Bundeswasserstraßen. [https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/wasserstrassen/01\\_bundeswasserstrassen/bundeswasserstrassen-node.html](https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/wasserstrassen/01_bundeswasserstrassen/bundeswasserstrassen-node.html) [Abrufdatum: 14.07.2022]

Hüttelmaier, T.; Käser, B.; Akkermann, J. & Weiler, S. (2019): Mehrdimensionale Risiken und Gefährdungen durch Instandsetzungsstau bei Verkehrsinfrastrukturen. Resilienz kritischer Verkehrsinfrastrukturen am Beispiel der Wasserstraßen (PREVIEW). *Bevölkerungsschutz*, 4: 28-33. URL: [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/BSMAG/bsmag\\_19\\_4.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/BSMAG/bsmag_19_4.pdf?__blob=publicationFile&v=4)

Korffmann, M. & Lachniet, M. (2019): Die Schifffahrt hat den Kanal voll. *Neue Ruhr Zeitung*, Nr. 62, 14.03.2019.

PREVIEW-GIS (2021): Broschüre zum Demonstrator des Verbundprojekts PREVIEW. [https://izw.baw.de/publikationen/vzb\\_dokumente\\_oeffentlich/0/PREVIEW\\_Broschueren.PDF](https://izw.baw.de/publikationen/vzb_dokumente_oeffentlich/0/PREVIEW_Broschueren.PDF) [Abrufdatum: 14.07.2022]

Schmidt-Bäumler, H. (2020): Multikriterielle Entscheidungsunterstützung in der risiko-basierten Instandhaltungsplanung am Beispiel der Verkehrsinfrastruktur. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), KIT-Open-ID 1000119906.

Schmitz, M. & Schwarzweller, E. (2021): Instandsetzung von Schleusen unter Betrieb (IuB). Bundesanstalt für Wasserbau, Kolloquium Angewandte Forschung, von der Forschung in die Praxis, 3.11.2021.

Scholten, A. & Rothstein, B. (2012): Auswirkungen von Niedrigwasser und Klimawandel auf die verladende Wirtschaft, Binnenschifffahrt und Häfen entlang des Rheins – Untersuchungen zur gegenwärtigen und zukünftigen Vulnerabilität durch Niedrigwasser. Würzburger Geographische Arbeiten, Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Würzburg, 107, Institut für Geographie und Geologie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Statistisches Bundesamt (2021): Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt. URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistic&code=46321#abreadcrumb> [Abrufdatum: 14.07.2022]

Wehrle, R.; Wiens, M. & Schultmann, F. (2022): Application of collaborative serious gaming for the elicitation of expert knowledge and towards creating Situation Awareness in the field of infrastructure resilience. *International journal of disaster risk reduction*, 67, Art.Nr.: 102665. doi:10.1016/j.ijdrr.2021.102665

Wehrle, R.; Wiens, M. & Schultmann, F., Akkermann, J. and Bödefeld, J. (2020): Ebenensystem zur Resilienzbewertung kritischer Verkehrsinfrastrukturen am Beispiel der Wasserstraßen. *Bautechnik*, 97(6): 395-403. <https://doi.org/10.1002/bate.202000006>

Wiens, M. (2021): Resilient Systems – an Economic, Operational, and Behavioral Perspective. KIT-Publishing, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

# Robotisches Binnengewässermonitoring (RoBiMo)

## Neue Perspektiven für Vorsorge, Sicherheit und Forschung

Jörg Matschullat, Seán M.P. Adam, Erik Börner, Leonore Dobrovsky, Otto Dreier, Tobias Fieback, Lisa Jarosch, Yvonne Joseph, Maximilian Lau, Gero Licht, Sebastian Pose, Eric Röder, Traugott Scheytt, Sebastian Zug

### Motivation und Fragestellungen

Ein kleiner Katamaran (der Schwimmroboter „Ferdinand“) gleitet mitten in der Nacht lautlos auf die Talsperre hinaus, umfährt Bojen und verankerte Boote, bleibt regungslos stehen. Selbst ein gutes Nachglas lässt das Objekt kaum mehr erkennen; allein kleine Positionslichter verraten den Standort. In diesem Moment wird eine Sensorkette in die Wassersäule abgeteuft; zehn Multiparametersonden positionieren sich selbsttätig zwischen Wasseroberfläche und dem tiefen Hypolimnion. Erst als die Plattform nach 20 Minuten weiterfährt und sich das Schauspiel in einem anderen Gewässer- teil wiederholt, wird klar, dass eine Messserie abgeschlossen ist. Die Daten wurden über Funk automatisch an die Talsperrenmeisterei übertragen; bereits qualitätsgeprüft und mit allen Metadaten versehen. Niemals zuvor war es möglich, so häufig und so hochwertig Gewässerdaten bei so geringen Kosten zu gewinnen – ein substantieller Beitrag zu Versorgungssicherheit und Qualitätskontrolle.

Etwa 13 Prozent unseres Trinkwassers in Deutschland stammen direkt aus Oberflächenwasser, also Talsperren, See- oder Flusswasser. Weitere 17 Prozent werden aus indirektem Oberflächenwasser gewonnen, aus flachen Grundwässern (meist durch Uferfiltration). Insgesamt stammt knapp ein Drittel unseres Trinkwassers aus Binnengewässern (UBA 2019). Ein Unfall genügt, um das Wasser einer Talsperre unbrauchbar zu machen; ein Anschlag könnte größere Verbünde neutralisieren. Entsprechend gilt es, diese Wässer zu schützen und kontinuierlich zu überwachen.

Zunehmende Hitzesommer führen nicht allein dazu, dass Atomkraftwerke abgeschaltet werden, weil nicht mehr hinreichend Kühlwasser zur Verfügung steht. Oberflächenwässer erwärmen sich deutlich schneller unter solchen Bedingungen – und verlieren Sauerstoff. Oft ist es dann kein weiter Weg bis zum „Umkippen“, dem massiven Sterben höherer Lebewesen. Die tote Biomasse zersetzt sich und gibt Methan in die Atmosphäre ab; eine positive Rückkopplung beim Anstieg von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Inzwischen wissen wir, dass Binnengewässer trotz ihres geringen Anteils an der kontinentalen Oberfläche (ca. 2 Prozent) überdurchschnittlich stark gegenüber anderen Landnutzungstypen zur Freisetzung von klimawirksamen Spurengasen beitragen (Oertel et al. 2016).

Dieser Aspekt ist weltweiter Forschungsgegenstand; Kenntnislücken bestehen besonders in tropisch-subtropischen Gebieten. Das ist wichtig, weil tropische Seen ein Beispiel für zukünftige Wirklichkeiten in unseren Binnengewässern sein können. Abgesehen von einzelnen Stationen für Dauermonitoring an Seenköpfen (Beispiele in Deutschland: IGB 2021; UFZ 2011) wird Gewässermonitoring maximal im Wochenrhythmus durchgeführt. Fachleute fahren per Boot zu vorab bestimmten Stellen, lassen Sonden herab und erfassen die Wasserqualität (biologisch, chemisch und physikalisch) von der Oberfläche bis zum Gewässergrund (= hydrographische Profile). Es braucht nicht viel Fantasie, um sich vorzustellen, welche Vorgänge dabei unerkannt bleiben können. Wünschenswert wäre eine dichtere Beprobung; auch nachts und bei schlechten Witterungsbedingungen.



Abb. 1: Plattform mit Nutzlast Echolot (Sonar) und Doppelrumpfen bei Messungen auf dem Speicherbecken Lohsa I, 03.08.2021

### Unsere Antworten

Das EU-Projekt RoBiMo zielt auf alle dieser Aspekte (<https://tu-freiberg.de/robimo>; Jarosch et al. 2020; Pose et al. 2022a). Seit Januar 2020 entwickelt die Gruppe aus Geoökologie und Limnologie (Jörg Matschullat und Maximilian Lau), Hydrogeologie (Traugott Scheytt), Informatik und Robotik (Sebastian Zug) sowie Technischer Thermodynamik und wis-

\*Kontakt und Rückfragen matschul@tu-freiberg.de  
Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum der TU Bergakademie Freiberg

issenschaftlichem Tauchen (Tobias Fieback) unter Leitung von Yvonne Joseph (Elektronik- und Sensormaterialien) ein neues robotisches Monitoring für Binnengewässer. Unser Ansatz mit aktuell vier engagierten Doktorand:innen (Eric Röder, Lisa Jarosch, Otto Dreier, Sebastian Pose) umfasst dieses Aufgabenspektrum. Dieser ehrgeizige Ansatz ist möglich, weil das Team interdisziplinär kooperiert – und ein eleganter Lösungsweg verfolgt wird.

Basis ist eine modulare, autonome, schwimmende Plattform. **Modular** bedeutet, dass Nutzlasten flexibel in wenigen Minuten ausgewechselt werden können. Aktuell sind dies i) ein Sonar-System zum hochauflösenden 3-dimensionalen Vermessen von Gewässerkörpern, einschließlich Sediment (Abb. 1), ii) ein geschlossen-dynamisches Kammsystem zur Messung von Treibhausgasflüssen (Abb. 3), einschließlich sequentieller Gasprobenahme und iii) eine Sensorkette, welche die Aufnahme hydrographischer Profile revolutionieren soll (Abb. 2). Ein neues Messsystem für Mikro- und Nanoplastik steckt aktuell noch in einem frühen Entwicklungsstadium. **Autonom** steht für die Fähigkeit, nach erfolgter Wegprogrammierung selbstständig Messkampagnen durchzuführen und anschließend zum Startpunkt zurückzukommen. (Auch mobile) Hindernisse werden erkannt und umfahren. Die Plattform bewegt sich Akku-betrieben zügig über Stunden auf dem Gewässer; kann eine vorgegebene Position gegen Winddruck und Strömung halten. Nutzlasten bis zu 50 Kilogramm können sicher transportiert werden. **Schwimmend** statt tauchend sichert die visuelle Kontrolle über die Plattform und damit Rückholbarkeit bei Ausfall der Akkus, ebenso wie permanenten Funkkontakt zu einer Uferstation.

Durch Umstellung und Erweiterung des Schwimmroberts im Jahr 2022 konnte die Datenerhebung u.a. zum Gewässeruntergrund deutlich verbessert werden. Ladekapazität und Schwimmverhalten wurden optimiert und die Höchstgeschwindigkeit auf 1,7 m/s gesteigert (Pose et al. 2022b).

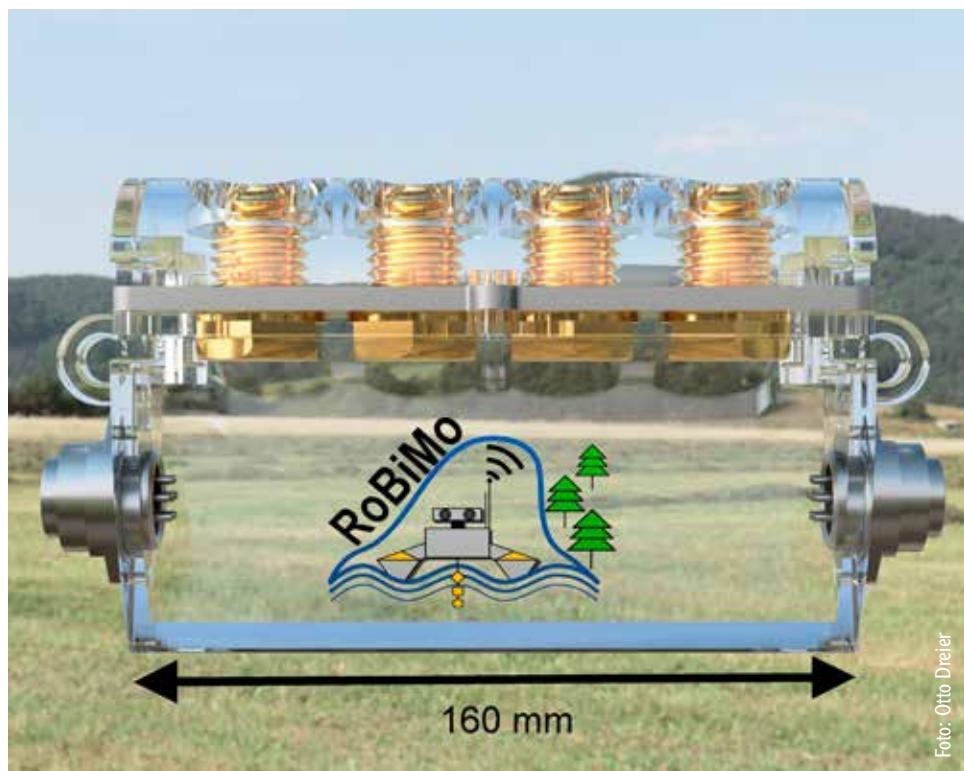


Abb. 2: Neuer Sensorknoten im transparenten Gehäuse

Sonardaten des Fächerecholots wurden mit weiteren Daten von Überwasserdrohnen und Unterwasser-Photogrammetrie kombiniert (<https://skfb.ly/ontR9>; Pose et al. 2022a). Daraus folgt eine umfangreiche Datenbasis mit angepasster Genauigkeit, geeignet für den Einsatz virtueller und *Erweiterter Realität*. Dies wird für Untersuchungen, Modellierungen sowie Berechnungen des Wasserkörpers verwendet. Weitere Daten zu Validierung und Bestimmung der *ground truth* Daten werden durch wissenschaftliche Taucher erhoben. Ein neues Sedimentprobenahmeverfahren wurde erfolgreich an drei Gewässertypen (Talsperre, Steinbruch, Kiesgrube) getestet. Die Probenmenge einer nahezu ungestörten, geschichteten Probe konnte versechsachtet werden, was umfangreichere Analytik ermöglicht (Pose et al. 2021).

### Einsatzgebiete und Ergebnisse Europa und Amazonas

Die Gruppe arbeitet an regionalen Gewässern wie Bergbaurestseen und an Talsperren im Erzgebirge; jeweils mit Partnern wie Bergbauindustrie und Landestalsperrenverwaltung. In der aktuellen Version funktioniert die Plattform auf allen Gewässerkörpern im temperierten Klimabereich ebenso wie in (sub)tropischen Gewässern zuverlässig. Allein auf Fließgewässern mit starker Strömung (Elbe-ähnlich) wird das System nicht eingesetzt.

Das Internationale Büro des BMBF unterstützt seit 2021 eine Kooperation mit brasilianischen Partnern und damit das Tochterprojekt RoBiMo-Trop (<https://tu-freiberg.de/robimo/robimo-trop-0>), um die Robustheit von Plattform und Nutzlasten auch unter Bedingungen großer Hitze und maximaler Feuchtigkeit testen zu können. Darüber hinaus können wir mit Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt Feldkampagnen im Amazonasgebiet durchführen. Im Schwesterprojekt AirGEMM entwickeln unsere Informatiker und Robotiker zusätzlich Methoden künstlicher Intelligenz und Datenverarbeitung (<https://tu-freiberg.de/airgemm>, siehe auch Beitrag von Kaur/Schiermeyer zur tiefenabhängigen Pfadplanung am Beispiel eines Schwimmroberts in dieser Ausgabe der ACAMONTA).

Regional werden die Talsperren Lichtenberg, Malter, und Saidenbach, sowie die Speicherbecken Lohsa I und Störmthaler See (alle Sachsen) bearbeitet. Damit sind verschiedene Nährstoffbereiche (Trophiegrade) als auch Wassertiefen und Entwicklungstypen abgedeckt – ein repräsentatives Spektrum heißer Stillgewässer. Unsere Gewässer weisen in der Regel eine Schichtung auf, die sich meist im Frühling aufbaut und im Herbst abgebaut werden kann. Der Zeitraum dazwischen heißt Sommerstagnation, weil das Oberflächenwasser sich dann nicht mit dem Tiefenwasser vermischt. Bis jetzt wurden vier Messkampagnen erfolgreich durchgeführt;

weitere folgen in diesem Jahr. Ein limnologisches Jahr ist bereits abgedeckt.

**Hydrochemie.** An den jeweils tiefsten Stellen der Gewässer werden vor-Ort Parameter aufgenommen, mit Wasserschöpfern Proben aus verschiedenen Tiefen entnommen und für chemische Laboranalysen präpariert. Noch nutzen wir zur Festlegung der zu untersuchenden Tiefen eine kommerzielle Multiparametersonde. Das ist solange nötig, bis die neue Sensorkette alle Tests und Entwicklungsstufen bestanden haben wird. Ergänzt wird dieses Tiefenprofil durch Messpunkte mit oberflächennahen Proben – ein vollständigeres Bild vom Gewässer ergibt sich. Abhängig von Parameteranomalien mit der Tiefe oder bei Grundwasser-Zuflüssen werden weitere Wasserproben untersucht. Zusammen mit chemischen und wasserhaushaltlichen Daten der Gewässerbetreiber werden

Aussagen zur vergangenen und zukünftigen Entwicklung von Gewässern sowie zum möglichen Einfluss von Grundwasser getroffen.

Ein erster Prototyp der neuen **Multisensor Messkette** wurde Frühjahr 2021 getestet; ein zweiter im März 2022 in Brasilien. Das ursprünglich zylindrische Design des Prototyps zeigte einen großen Strömungswiderstand, was die Messkette während der Fahrt zu stark auslenkte. Das Sensorknoten-Design wurde angepasst; es ist nun im Querschnitt tropfenförmig; Sensoren stehen nicht mehr aus dem Gehäuse hervor (Abb. 2). Selbst eine Kette mit mehreren Knoten wird jetzt weniger ausgelenkt als ein einzelner erster Prototyp. Parallel wird ein Windensystem gebaut, das die Sensorknoten automatisch in die Wassersäule ablässt. Im nächsten Schritt vergleichen wir unser System mit kommerziellen Multiparametersonden. Sobald die neuen Sensorknoten vergleichbare Messwerte liefern, steht deren Einsatz nichts mehr im Weg.

Die Plattform mitsamt dem modifizierten **Kammersystem SEMACH-FG<sub>aqua</sub>** wird parallel in den Kampagnen eingesetzt. Reproduzierbare und repräsentative Messungen zum Treibhausgasaustausch der Gewässer ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) wurden gewonnen (Abb. 3). Der Messaufbau liefert unter ruhigen und turbulenten Bedingungen zuverlässige Messdaten und funktioniert bei hohen Sommertemperaturen ebenso wie bei anhaltendem Herbstregen. Durch die Plattform selbst eingetragene störende Turbulenz der Wasseroberfläche während der Messung (weil der Katamaran bei stärkerem Wellengang an die Bootswand des notwendigen Begleitboots gedrückt wird und zurückfedert) ist mit Autonomie der Plattform und Automati-



Abb. 3: Betrieb des Kammersystems SEMACH-FG<sub>aqua</sub> zur Messung von Treibhausgasaustausch auf der Talsperre Säidenbach, 24.08.2021

sierung der Gasprobenahme (ab September 2022) eliminiert.

Bisherige Messungen weisen bei eutrophen Gewässern (hohes Nährstoffangebot) während der Sommerstagnation auf eine höhere  $\text{CO}_2$ -Abgabe hin als in Herbst und Frühjahr (Zirkulationsphasen). Meso- und oligotrophe Gewässer (geringes Nährstoffangebot) zeigen im Herbst eine höhere mittlere  $\text{CO}_2$ -Abgabe. Das könnte durch Entgasung von während der Stagnation im Tiefenwasser angereichertem Gas erklärt werden. Daten der sächsischen Gewässer werden zum Vergleich zu solchen im Amazonas-Becken genutzt.

Das **Amazonasgebiet** ist nicht allein eine der Weltregionen größter biologischer Vielfalt und zugleich empfindliches globales Kippelement, dessen Veränderung dem globalen Klimawandel weitere Impulse verleiht (Boulton et al. 2022). Zugleich zeigt uns das Biom mit seinen großen Talsperren und sowohl temporären als auch dauerhaften Seen Aspekte des wahrscheinlich künftigen Verhaltens unserer Seen in Hitzesommern. Insgesamt wurden bislang drei Kampagnen durchgeführt (Trockenzeiten 09/2021 und 09/2022, Regenzeit 03/2022; Abb. 4). Fünf Seenbecken wurden untersucht (Balbina-Talsperre, 2 Várzea- und 2 Igapó-Seen), die letzteren vier auf der Iranduba Halbinsel nahe Manaus. „Várzea“ steht für Seen, die von sedimentreichem Solimões-Amazonas-Wasser beeinflusst sind, „Igapó“ charakterisiert Seen, die unter dem Einfluss von klarem, huminstoffreichem Rio Negro-Wasser stehen.

Wohl am beeindruckendsten war die Erkenntnis, dass die Gewässer nur eine dünne Schicht (maximal 3 bis 4 Meter, oft nur 1 m) mit hinreichend freiem Sauerstoff aufwiesen. Oft la-



## Zwischenfazit

In anderthalb Jahren hat die Gruppe eine funktionale schwimmende Plattform entwickelt, gebaut, inzwischen vielfach eingesetzt und optimiert. Obwohl Autonomie erst im Ansatz verwirklich ist, denken wir, auch diesem Anspruch gerecht werden zu können. Von den vier Nutzlasten sind zwei voll einsatzfähig, die dritte wird es in absehbarer Zeit sein. Vor allem jedoch sind wir bereits jetzt in der Lage, Daten in einer zeitlichen und räumlichen Auflösung zu gewinnen, die wissenschaftlichen Ansprüchen genügen und als robust und zuverlässig betrachtet werden können. Vor diesem Hintergrund entstehen aktuell mehrere Publikationen. Bis zum avisierten Projektende (Ende

Abb. 4: Otto Dreier (vorn) und Seán Adam sichern die Plattform während Gasprobenahmen auf dem Lago de Iranduba (März 2022)

gen die Sauerstoffkonzentrationen unter 4 mg pro Liter, einer kritischen Grenze für Fische. Besonders problematisch wird es in der Trockenzeit, die im Amazonasbecken wie bei uns intensiver wird. Wassertemperaturen reflektieren die hohen sowie gleichmäßigen Jahresdurchschnittstemperaturen. Trotz gewisser Schichtung ist der Unterschied zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser eher gering (wenige Grad Celsius). Die pH-Werte lagen an der Oberfläche am höchsten (Wechselwirkung mit pflanzlichem Plankton) und bei Várzea-Seen etwa 0,5 pH Einheiten höher ( $\pm$  pH 6–7) als bei Igapó-Seen ( $\pm$  pH 5–6). Der Balbina-Stausee umfasste Werte beider Seentyphen (pH 5–7). Zwischen Trocken- und Regenzeit konnten wir keine signifikanten Unterschiede entdecken.

Wie bei Bodenlösungen (Matschullat et al. 2021) traten sehr geringe elektrische Leitfähigkeiten auf: Im Balbina-Reservoir unabhängig von der Jahreszeit am niedrigsten ( $< 25 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), in Igapó-Seen gering ( $< 25$  bis  $25 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), wobei in der Trockenzeit im Tiefenwasser deutlich höhere Werte auftraten (bis über  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ ); in Várzea-Seen weniger dynamisch, doch die höchsten Werte ( $30$ – $150 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). Zum Vergleich: In Deutschland trifft man selten Gewässer mit Leitfähigkeiten unter  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  an. Werte für gelösten organischen Kohlenstoff in der Wassersäule glichen den Leitfähigkeiten mit geringsten Werten im Balbina-Stausee ( $1$ – $3 \text{ mg L}^{-1}$ ), gefolgt von Igapó-Seen ( $1,5$ –ca.  $4 \text{ mg L}^{-1}$ ) und den höchsten in Várzea-Seen ( $3,5$ –ca.  $7,5 \text{ mg L}^{-1}$ ). Auch die Flussraten von Kohlendioxid unterschieden sich deutlich zwischen den Gewässern. Balbina zeigte  $\text{CO}_2$ -Aufnahme aus der Atmosphäre, während die anderen eine Abgabe an die Atmosphäre aufwiesen, mit einer Tendenz zu geringen Flüssen in der Regenzeit. Der durchschnittliche Flux, unabhängig von der Jahreszeit, lag bei  $20 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Das entspricht etwa  $5,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  und liegt damit im Zentrum des Wertespektrums, das in Oertel et al. (2016) für tropische Gewässer ermittelt wurde.

2023) ist noch mit erheblichem Erkenntnisfortschritt zu rechnen. Unsere Projekthomepage (<https://tu-freiberg.de/robimo>) hält Sie auf dem Laufenden.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

Boulton CA, Lenton TM, Boers N (2022) Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change* 12: 271–278; doi 10.1038/s41558-022-01287-8 (open access)

IGB (2021) Langzeitentwicklung von Seen infolge des Klimawandels. <https://www.igb-berlin.de/projekt/langzeitentwicklung-von-seen-infolge-des-klimawandels>. Zugriff am 18.08.2022

Jarosch L, Pose S, Reitmann S, Dreier O, Licht G, Röder E (2020) Roboter für das Wasser der Zukunft. *Acamonta* 27: 66–69

Matschullat J, Monteiro Bezerra da Lima R, von Fromm SF, Coimbra Martins G, Schneider M, Mathis A, Malheiros Ramos A, Plessow A, Kibler K (2021) Sustainable land-use alternatives in tropical rainforests? Evidence from natural and social sciences. *European Geologist Journal* 52; doi 5–20; 10.5281/zenodo.5769730 (open access)

Oertel C, Matschullat J, Zurba K, Zimmermann F, Erasmi S (2016) Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Geochemistry* 76, 3: 327–352; doi 10.1016/j.chemer.2016.04.002 (open access)

Pose S, Jarosch L, Dreier O, Licht G, Röder E, Grab T, Fieback T (2021) Robotergestütztes Binnengewässer Monitoring zur Untergrunderfassung, Wasserparametermessung und Respirationsmessung. 36. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Leipzig, Germany; doi 10.5281/zenodo.6320334

Pose S, Grab T, Fieback T (2022a) Photogrammetrie zur Erstellung detaillierter 3D-Modelle von Unterwasserobjekten. In: Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2022 (pp. 406–413). Wichmann VDE Verlag GmbH. doi 10.5281/zenodo.6607084

Pose S, Licht G, Röder E, Jarosch L, Dreier O, Grab T, Fieback T (2022b) Robot-assisted inland water monitoring for subsurface detection, water parameter and respiration measurement. 73. BHT: Robotics for Mining, Underground Inspection & Environmental Monitoring (Specialist Colloquium 2), Freiberg, Germany. doi 10.5281/zenodo.6627630

UBA (2019) Trinkwasser. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser>. Zugriff am 18.08.2022

UFZ (2011) Wasser und Monitoring. <https://www.ufz.de/index.php?de=36153>. Zugriff am 18.08.2022

# Tiefenabhängige Pfadplanung am Beispiel eines Schwimmroberters

Mandeep Kaur, Ingo Schiermeyer\*



## Einleitung

Complete Coverage Path Planning, kurz CPP, zielt darauf ab, einen Pfad für einen Effektor so zu bestimmen, dass dieser alle Punkte innerhalb einer Umgebung abdecken und die darin liegenden Hindernisse umgehen kann.

Viele praktische Anwendungen, wie das autonome Staubsaugen oder Rasenmähen, belegen, dass CPP eines der meistforschten Themengebiete in der Robotik ist.

Auch für die Forschungsprojekte „RoBiMo“ (Robotergestütztes Binnengewässer-Monitoring)<sup>1</sup> und „AIRGEMM“ (AI and Robotics GeoEnvironmental Modeling and Monitoring)<sup>2</sup>, stellt die CPP Problematik einen wichtigen Untersuchungsgegenstand dar.<sup>3</sup>

Das Ziel dieser Projekte ist es nämlich, eine verbesserte Überwachung von Binnengewässern, unter anderem von Talsperren und gefluteten Tagebauseen zu gewährleisten und so mit ein besseres Verständnis der Gewässerdynamik zu gewinnen. Um diese Zielsetzung erreichen zu können, wurde der an der TU Bergakademie Freiberg bestehende Schwimmroboter „Elisabeth“ mit einem umfangreichen Sensorsystem ausgestattet. Dieses System soll die Gewässer autonom mit den Methoden der künstlichen Intelligenz tiefenaufgelöst vermessen.

Eine große Herausforderung hierbei ist allerdings das effiziente Abfahren der einzelnen Gewässer. Der Schwimmroboter soll während der tiefenaufgelösten Vermessung die Gewässer flächenabdeckend befahren können. Jedoch sind Binnengewässer von ihrer Struktur und ihrem Tiefenprofil her sehr unterschiedlich. Diese Komplexität trägt wiederum dazu bei, dass das vollständige Abfahren nicht in einem Durchlauf vom Roboter gewährleistet werden kann.

## Annahmen

In Anbetracht dieser Problematik hat das Institut für Diskrete Mathematik und Algebra einen vielversprechenden CPP-Algorithmus in der Python Umgebung entwickelt. Dabei wird der Schwimmroboter als Punkt mit einem konstanten Erfassungsbereich modelliert. Dieser Erfassungsbereich kann in jede Richtung verschoben werden, sodass nahezu ein linearer Pfad, zusammengesetzt aus langen Geradenstücken und Drehungen unterschiedlichen Grades, ausführbar ist. Zudem wird die Befahrung von Uferbereichen separat betrachtet. Weshalb bei der Generierung der Pfadplanung ein konstanter Abstand zum Ufer berücksichtigt wird. Außerdem wird der Akkuwechsel des Schwimmroboters, der an verschiedenen Stellen entlang des Ufers stattfinden soll, vorerst nicht im Algorithmus einbezogen. Darüber hinaus wird angenommen, dass das abzudeckende Gebiet ein geschlossener und begrenzter zweidimensionaler Raum  $M$  ist. In  $M$  liegen keine statischen Hindernisse vor. Das wiederum bedeutet,

<sup>1</sup> Weitergehende Informationen und Aktuelles: <https://tu-freiberg.de/robi-mo> sowie Beitrag auf S. 43

<sup>2</sup> Weitergehende Informationen und Aktuelles: <https://tu-freiberg.de/air-gemm>

<sup>3</sup> Matschullat et. al. 2022

dass der Schwimmroboter sich nicht mit der Vermeidung solcher Hindernisse befassen muss, deren Form und Position sich nie ändern.

Mit diesen Annahmen arbeitet der CPP-Algorithmus nach dem folgenden grundlegenden Prinzip.

- Im ersten Schritt wird  $M$  in kleinere Subregionen zerlegt.
- Anschließend wird für jede Region die Tiefenabhängigkeit bestimmt.
- Auf Basis der Tiefenabhängigkeit wird schließlich für jede Subregion der Pfad generiert.

## Zellzerlegung

Die Zerlegung von  $M$  wird durch die sogenannte Boustrophedon-Zellzerlegungsmethode gewährleistet. Diese Methode teilt das abzudeckende Gebiet in einfache, nicht überlappende Bereiche, genauer genommen Zellen, auf.

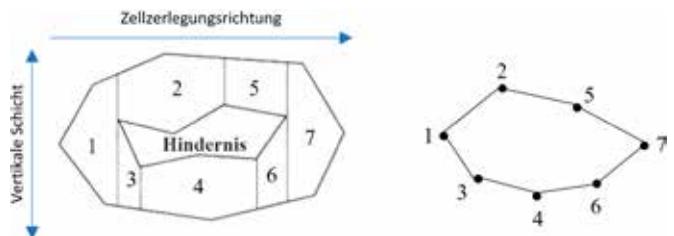


Abb. 1: Boustrophedon-Zellzerlegungsmethode mit dazugehörigem Adjazenzgraph

Dabei erfolgt die Unterteilung vertikal. Das heißt, es wird eine vertikale Schicht durch die Umgebung  $M$  von links nach rechts durchgezogen. Stößt diese Schicht während ihrer Bewegung auf die Grenzen eines Hindernisses wird an dieser Stelle eine vertikale Zellgrenze gebildet.<sup>4</sup> Dabei hängt die Definition des Hindernisses von der zugrunde liegenden Problematik ab. In diesem Fall handelt es sich bei einem Hindernis um nichts anderes als Gewässerabzweigungen und Zuläufe.

Parallel wird ein Adjazenzgraph verwendet, um die Zellzerlegung zu codieren und die Reihenfolge, in der die Zellen vom Schwimmroboter abgefahren werden sollen, zu bestimmen. Dabei stellt ein Knoten eine Zelle und eine Kante die Beziehung zwischen zwei Zellen dar. Zwei Zellen sind benachbart, wenn diese eine gemeinsame Grenze haben.

Durch die Zellzerlegung kann das Abdecken der Umgebung als triviale Aufgabe betrachtet werden, da die Umgebung frei von statischen Hindernissen ist. Dementsprechend befindet sich auch innerhalb der Zellen keinerlei Art von Behinderungen. Dies wiederum ermöglicht es, dass der Schwimmroboter die Zellen mit einfachen Bewegungen vollständig abfahren kann.

Allerdings zeigen erste Experimente, dass die Boustrophedon-Zellzerlegungsmethode für die zugrunde liegende Problematik doch nicht geeignet ist. Aufgrund der komplexen Gewässerstrukturen trägt diese Methode dazu bei, dass eine größere

<sup>4</sup> Galceran und Carreras 2013

\* M.Sc. Mandeep Kaur: Wissenschaftliche Mitarbeiterin; Prof. Dr. rer. nat. habil. Ingo Schiermeyer; TU Bergakademie Freiberg: Institut für Diskrete Mathematik und Algebra

Anzahl an Zellen und dementsprechend Zellen mit komplexeren Formen generiert werden (siehe Abbildung 2, links). Das Befahren solcher Zellen ist wiederum aus energietechnischer Sicht nicht effizient. Denn für jede Zelle soll ein solcher Pfad generiert werden, der sich aus möglichst langen Geradenstücken und möglichst wenigen Kurvenstücken zusammensetzt.

Um dieser Problematik entgegenzuwirken, wurde die Boustrophedon-Zellzerlegungsmethode erweitert. Der Algorithmus soll dabei nicht nur auf einer Zellzerlegungsrichtung beruhen. Im Gegenteil, die Umgebung M soll zusätzlich horizontal zerlegt werden. Dabei unterscheidet sich die horizontale Unterteilung nur in der Hinsicht, dass eine zusätzliche Schicht durch die Umgebung M von oben nach unten durchgezogen wird und neben vertikalen auch horizontale Zellgrenzen gebildet werden.

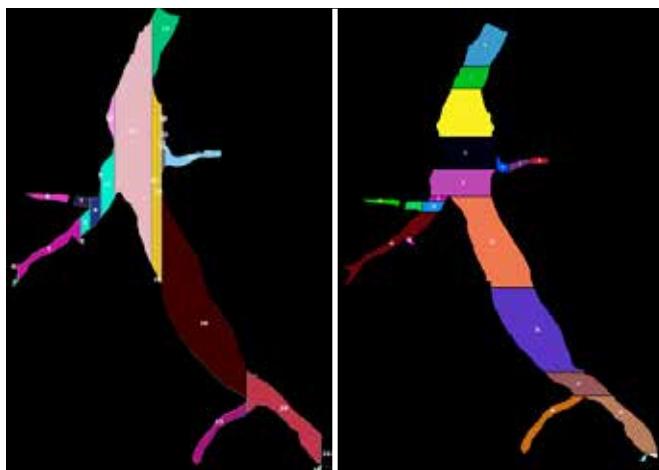


Abb. 2: Zellzerlegung nach der standardisierten Boustrophedon und der erweiterten Methode für die Talsperre Malter

### Bestimmung der Tiefenabhängigkeit

Während die erweiterte Zellzerlegungsmethode ausgeführt wird, wird parallel jede generierte Zelle genau einem definierten Tiefenbereich zugeordnet.

Die Definition der Tiefenbereiche spielt eine entscheidende Rolle. Denn die Gewässer sollen tiefenaufgelöst vermessen werden. Weshalb für die Pfadplanung der Abstand zwischen den einzelnen Geradenstücken, genauer genommen die Streifenbreite, in Abhängigkeit von der Gewässertiefe bestimmt werden muss. Um dies erreichen zu können, werden Tiefenbereiche in Betracht gezogen.

Für die Definition der Tiefenbereiche wurden zur Orientierung Tiefenkarten verwendet. Abbildung 3 stellt beispiels-

weise die Tiefenkarte für die Talsperre Malter dar.

Insgesamt wurden für die Talsperre Malter drei Tiefenbereiche manuell definiert. Dabei repräsentiert jeder Tiefenbereich eine konstante Streifenbreite (Abb. 4).

Für die Bestimmung dieser Streifenbreiten ist es zunächst ausschlaggebend die Streifenbreite für 1 Meter Tiefe in Betracht zu ziehen. Hierfür wurden zwei verschiedene Aspekte berücksichtigt und zwar der Öffnungswinkel des Sensors und die Pfadüberlappung (Abb. 5).

Für die Talsperre Malter wurde beispielsweise ein Öffnungswinkel von 120° und 20 % Pfadüberlappung angenommen. Dementsprechend liegt die Streifenbreite bei 1 m Tiefe bei 2,90 m (siehe Abbildung 5). Dieser Wert wurde als Basis für die Berechnung der variablen Streifenbreiten in Betracht gezogen. Mit der Bestimmung dieser Tiefenabhängigkeit kann der Pfadverlauf für jede Zelle generiert werden. Auf Basis dessen kann schließlich der Schwimmroboter die einzelnen Zellen individuell abfahren.

### Durchlaufen der Zellen

Für das Abfahren der Zellen spielen allerdings zwei Aspekte eine entscheidende Rolle. Zum einen die Grundbewegung und zum anderen die Fahrtrichtung. Die Grundbewegung stellt eine einheitliche Bewegungsform dar. Der Schwimmroboter fährt alle Zellen nach diesem Muster ab. Die Fahrtrichtung hingegen muss für jede Zelle individuell bestimmt werden, da diese die Richtungsbewegung des Schwimmroberters innerhalb einer Zelle repräsentiert und von der Form und Größe der Zelle abhängt.

### Grundbewegung

Als Grundbewegung lassen sich insgesamt zwei Arten fest-

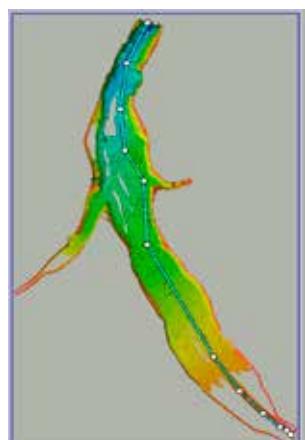


Abb. 3: Tiefenkarte Talsperre Malter

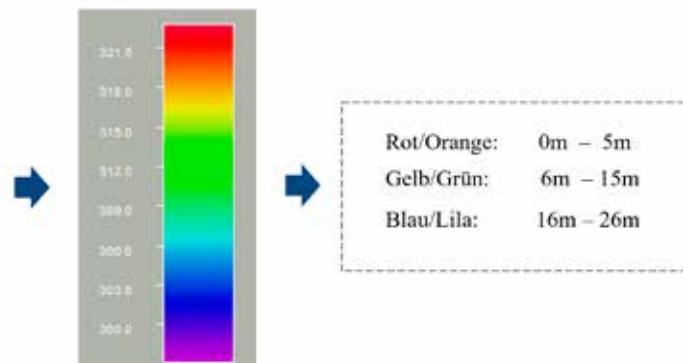


Abb. 4: Tiefenbereiche und Streifenbreiten für die Talsperre Malter

Tiefe= 1m	130°	120°	90°
Ohne Überlappung	4,30m	3,46m	2,00m
15% Überlappung	3,74m	3,00m	1,74m
20% Überlappung	3,60m	2,90m	1,67m

Abb. 5: Streifenbreite bei 1 m Tiefe

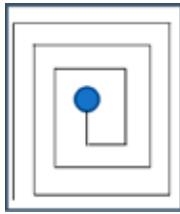


Abb. 6: Grundbewegungsarten eines Roboters

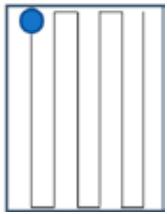
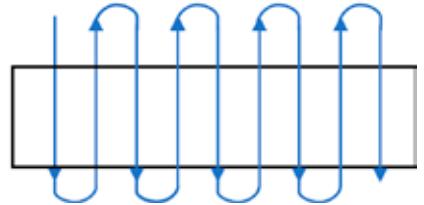


Abb. 7: Horizontale Fahrtrichtung & vertikale Fahrtrichtung

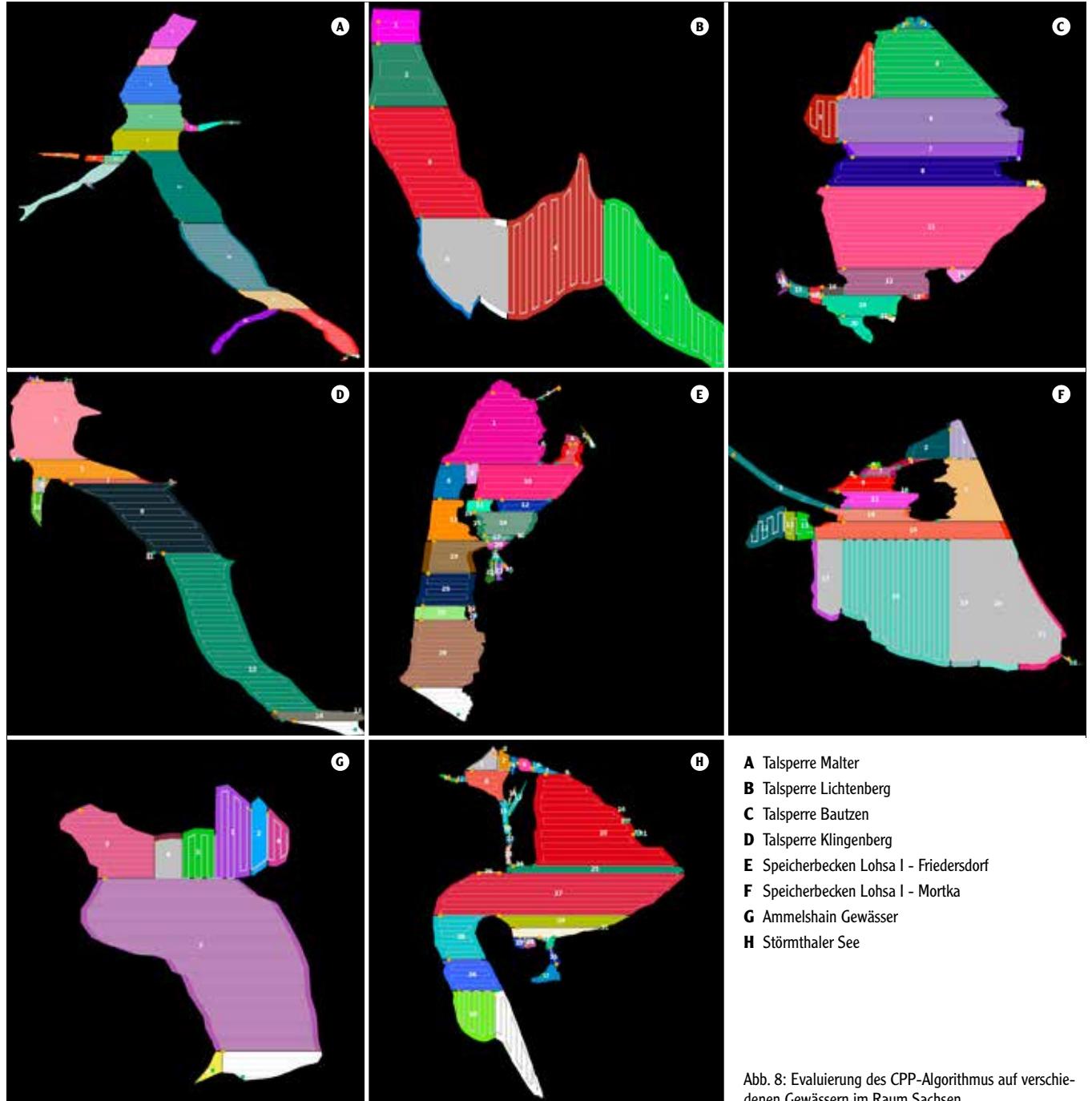


halten, die spiralförmige und die Boustrophedon-Bewegung.

Beide Bewegungsarten sind dafür bekannt, dass sie Bereiche jeder Form abdecken und eine Basis für komplexere Bewegungsformen bilden können.<sup>5</sup> Die spiralförmige Bewegung ist für die zugrunde liegende Problematik nicht effizient. Diese Bewegungsart tendiert dazu, einen Pfadverlauf zu generieren, der sich

aus einer größeren Anzahl an Kurvenstücken zusammensetzt. Dies wiederum führt dazu, dass der Schwimmroboter einen größeren Energieaufwand hat. Die Boustrophedon-Bewegung hingegen ähnelt der eines Rasenmähers und ermöglicht für jede Zelle einen solchen Pfad zu generieren, der sich aus möglichst wenigen Kurvenstücken und aus möglichst langen Geradenstücken zusammensetzt. Demzufolge wird als Grundbewegung die Boustrophedon-Bewegung der spiralförmigen Bewegung vorgezogen.

5 Khan, Noreen und Habib 2018



- A** Talsperre Malter
- B** Talsperre Lichtenberg
- C** Talsperre Bautzen
- D** Talsperre Klingenberg
- E** Speicherbecken Lohsa I - Friedersdorf
- F** Speicherbecken Lohsa I - Mortka
- G** Ammelshain Gewässer
- H** Störmthaler See

Abb. 8: Evaluierung des CPP-Algorithmus auf verschiedenen Gewässern im Raum Sachsen

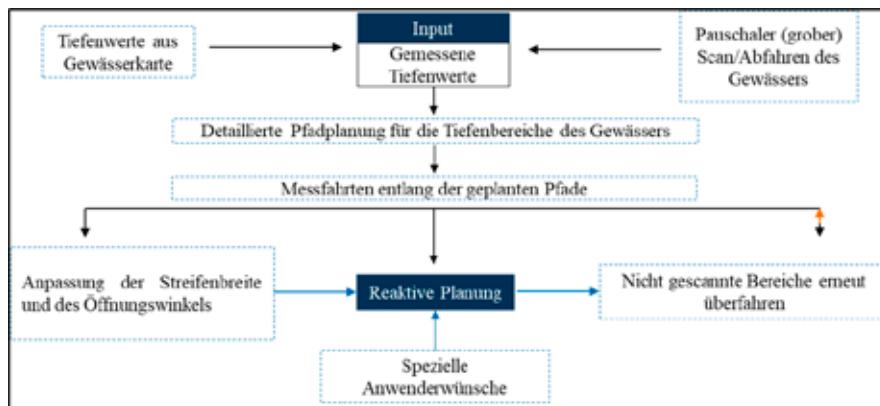


Abb. 9: Planungstool für die tiefenabhängige Pfadplanung

### Fahrtrichtung

Für die Fahrtrichtung dagegen lassen sich zwei verschiedene Richtungsbewegungen in Betracht ziehen, und zwar die horizontale und die vertikale Fahrtrichtung auf der Wasseroberfläche.

Bei der horizontalen Fahrtrichtung wird eine Zelle von links nach rechts bzw. von rechts nach links abgefahren. Bei der vertikalen Fahrtrichtung hingegen wird eine Zelle von oben nach unten bzw. von unten nach oben abgedeckt. Dabei spielt der Startpunkt des Roboters keine bestimmte Rolle. Wie aus der Abbildung 7 zu entnehmen ist, hängt die Anzahl der Drehungen von der Fahrtrichtung des Schwimmroboters ab. Damit ist die Minimierung der Anzahl der Drehungen einer der wichtigsten Faktoren für eine effiziente Lösung. Zudem ist jede Zelle von ihrer Form und Größe her sehr unterschiedlich, weshalb immer nur eine Fahrtrichtung die optimale Lösung darstellt. Um dieses Optimum zu erreichen, berechnet der CPP-Algorithmus für jede Zelle beide Fahrtrichtungsarten und vergleicht diese miteinander. Dabei werden als Vergleichskriterium die Pfadlänge und die Anzahl der Streifen in Betracht gezogen. Auf diese Weise wird für jede Zelle der optimale Pfad generiert.

Damit lässt sich festhalten, dass der Schwimmroboter unter Verwendung rasenmäherähnlicher Bewegungen die einzelnen Zellen senkrecht bzw. parallel zur Zellzerlegungsrichtung abdeckt und auf dieser Weise die komplette Umgebung M abfahren kann.

### Ergebnisse

Um die Effektivität des Pfadplanungsalgorithmus zu überprüfen, wurde dieser für verschiedene Binnengewässer im Raum Sachsen getestet. Dabei speist der Algorithmus als Input ein binäres, zweidimensionales Bild des jeweiligen Gewässers ein und generiert als Output die Pfadplanung, wobei der Endpunkt der aktuellen Zelle zugleich der Startpunkt der nächsten Zelle ist.

Aus den experimentellen Ergebnissen lässt sich schließen, dass die Fahrtrichtung des Roboters für die Talsperre Malter einheitlich ist, wohingegen für die anderen Gewässer eine dynamische Änderung innerhalb der Fahrtrichtung zu erkennen ist. Damit lässt sich festhalten, dass die Fahrtrichtung des Roboters von der Zellform abhängig ist. Darüber hinaus ist festzustellen, dass für die Generierung der Pfadverläufe die Definition einer minimalen Zellbreite nicht ausschlaggebend ist. Denn der Algorithmus kann auch für solche Zellen Pfadverläufe generieren, die von der Form

her sehr schmal sind (siehe Störmthaler See). Offensichtlich ist außerdem, dass der Algorithmus nicht befahrbare Bereiche automatisch erkennt und diese aus der abzudeckenden Umgebung M herausnimmt, denn es wurden auch solche Gewässer in Betracht gezogen, die Inseln enthalten. Darunter zählen beispielsweise der Störmthaler See und das Speicherbecken Lohsa I. Zudem lässt sich hinsichtlich der Tiefenprofile feststellen, dass mit zunehmender Gewässertiefe auch die Streifenbreite für die entsprechenden Zellen zunimmt.

In Anbetracht dieser Erkenntnisse kann zusammengefasst werden, dass der Algorithmus mit Gewässern unterschiedlicher Strukturen und Tiefenprofile umgehen kann.

### Ausblick

Zwar konnte die Effektivität des Pfadplanungsalgorithmus theoretisch bewiesen werden, allerdings soll der Algorithmus auch in der realen Welt eingesetzt werden können. Für das Erreichen dieser Zielsetzung wurden Messkampagnen im Sommer 2022 durchgeführt (Abb. 9).

Bei den Messkampagnen ging es ausschließlich darum, den Schwimmroboter einzusetzen und zu überprüfen, ob in den vom Algorithmus generierten Pfadverläufen Messlücken entstehen und der Pfadplanungsalgorithmus durch die sogenannte reaktive Planung erweitert werden muss. Diese Planung soll zu einer Echtzeitanpassung der Pfadplanung führen. Das heißt, dass bei zunehmender bzw. abnehmender Tiefe die Streifenbreite als auch der Öffnungswinkel des Sensors angepasst werden kann. Auf dieser Weise können die nicht gescannten Bereiche vom Schwimmroboter erneut abgefahren und infolgedessen die Messlücken geschlossen werden.

Außerdem sollen neben der Echtzeitanpassung auch spezielle Anwendewünsche in der Pfadplanung integriert werden. Aktuell bietet der Algorithmus die Möglichkeit, Prioritätsgebiete zu definieren. Das heißt, abhängig vom Untersuchungsgegenstand ist der Algorithmus in der Lage, die Pfadplanung nur für bestimmte Zellen zu generieren. Jedoch sollen zukünftig auch weitere Anwendewünsche, wie Windströmungen oder das Umgehen dynamischer Hindernisse, in den Algorithmus eingebaut werden, um schließlich eine realistische Überwachung von Binnengewässern, die beispielsweise dem Erhalt der Wasserqualität dienen soll, gewährleisten zu können.

### Literatur

Matschullat J, Adam Seán M.P., Börner E, Dobrovský L, Dreier O, Fieback T, Jarosch L, Joseph Y, Lau M, Licht G, Pose S, Röder E, Scheytt T, Zug S (2022) Robotisches Binnengewässermonitoring (RoBiMo). Neue Perspektiven für Vorsorge, Sicherheit und Forschung. Acamonta 28.

Galceran E, Carreras M (2013) A survey on path planning for robotics. *Robotics and Autonomous Systems* 61, 1258-1276; DOI: 10.1016/j.robot.2013.09.004.

Khan A, Noreen I, Habib Z (2018) An Energy Efficient Coverage Path Planning Approach for Mobile Robots. *AISC* 857, 387-397; DOI: 10.1007/978-3-030-01177-2\_28.

# Industrie 4.0 und Digitalisierung

## Zwei Beispiele aus dem Bereich Automatisierungstechnik

Gert Anders, Sebastian Schwarz, Andreas Rehkopf

Industrie 4.0 und Digitalisierung sind Begriffe, welche in inflationärer Weise wie nie zuvor gebraucht werden. Fakt ist: Moderne Technologien der Informationsverarbeitung haben schon seit Jahren den Einzug in die Industrieautomation gehalten. Die Integration von verteilten vernetzten Subsystemen zu hochkomplexen informationsverarbeitenden Automatisierungssystemen stellt ein wesentliches Merkmal dieses Entwicklungstrends dar. Es wird im industriellen Bereich immer mehr auf Technologien wie Big-Data-Management, Machine-Learning, neuronale Netze sowie der Funk-vernetzung zurückgegriffen. Zusätzlich beeinflusst der aktuelle Automationstrend nicht nur den technischen Bereich, sondern übt auch einen großen Einfluss auf die Gestaltung technischer Prozesse aus.

### 1. Vernetzte, autonome Modellarbeitsmaschinen

Auch Technologiebereiche wie der Bergbau tangieren derartige Entwicklungstrends nachhaltig – es wird auch von der 'Digitalisierung im Bergbau' gesprochen. Mit dem Ansatz, einen Versuchsstand für vernetzte Modellarbeitsmaschinen aufzubauen, soll ein Beitrag für Forschung und Lehre auf diesem technologischen Gebiet geleistet werden.

#### Ausgangssituation

Zentrale Zielstellung ist der Aufbau einer Test- und Entwicklungsumgebung für autonom arbeitende Arbeitsmaschinen im Modellmaßstab 1:14. Eine Grobstruktur mit den prognostizierten Arbeitsbereichen in der Automatisierungshierarchie ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Versuchsanlage soll die Möglichkeit bieten, Algorithmen, Methoden und Technologien für das autonome Arbeiten von Arbeitsmaschinen zu entwickeln, zu testen und auf die Tauglichkeit im bergbautechnischen Bereich zu evaluieren. Hierzu können anspruchsvolle Themen für studentische Arbeiten generiert werden. So konnten bereits Aufgabenstellungen auf dem Gebiet der Routenplanung [1], Transportoptimierung [2], Entfernungs- und Positionsbestimmung [3], WLAN-Kommunikationstechnik [4], Bildverarbeitung [5] und Antriebstechnik [6] erfolgreich bearbeitet werden.

Für die Realisierung der Modellanlage ist die Verfügbarkeit von technischer Ausrüstung ein wichtiges Entscheidungskriterium. Aufgrund des gut ausgebauten Angebots im Segment 'Modellbau' fiel die Entscheidung auf Komponenten im Maßstab 1:14. Die bestehende, professionellen Ansprüchen noch nicht genügende Steuerungstechnik muss hierbei durch die am Institut für Automatisierungstechnik (IAT) entwickel-



Abb. 1: Einordnung in die Automatisierungshierarchie

te Elektronik ersetzt werden. Gleichermaßen gilt für die Funkkommunikation, die durch eigene Vernetzungsstrukturen ersetzt wird. Diese Herangehensweise ist erforderlich, um einen uneingeschränkten Zugriff auf Hardware- und Softwarekomponenten zu haben. Damit kann das Versuchssystem flexibel an sich verändernde Anforderungen angepasst werden.

Die Entwicklung von Soft- und Hardware-Knowhow soll nicht auf den Modellbereich beschränkt bleiben, sondern perspektivisch eine Transformation in die „reale Welt“ (Abbildung 2) ermöglichen.



Abb. 2: Vom Modellmaßstab zur realen Anwendung

#### Vernetzungsarchitektur

Sollen vernetzte, verteilte und mobile Systeme realisiert werden, ist es unabhängig vom speziellen Anwendungsbeispiel erforderlich, grundlegende Gedanken über die Modellierung und Systemarchitektur in die Projektrealisierung einzubringen. In Abbildung 3 ist die Kommunikationsarchitektur mit der Einbindung des Versuchsstands in das Intranet der TU Bergakademie Freiberg dargestellt. Das lokale WLAN für die Vernetzung der Modellarbeitsmaschinen ist als Class-C-Subnetz (AMAnet: Autonomes Modell-Arbeitsmaschinen-Netz) ausgelegt und basiert auf einer Client-Server-Architektur. Die IP-Adressen für die Server, in diesem Fall Komponenten wie Bagger und Muldenkipper, werden über DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) dynamisch vergeben. In diesem Netz befinden sich Clients für

#### Kontakt

andreas.rehkopf@aut.tu-freiberg.de

die lokale Diagnose und Inbetriebnahme des Netzwerks. Für die Integration von AMANet in das Intranet der TU kommt eine Komponente mit gleichzeitiger Client- und Serverfunktionalität zum Einsatz. Diese tritt gegenüber dem Intranet als (Web)-Server auf und kommuniziert als Client des Subnetzes mit den Servern der Modellarbeitsmaschinen.

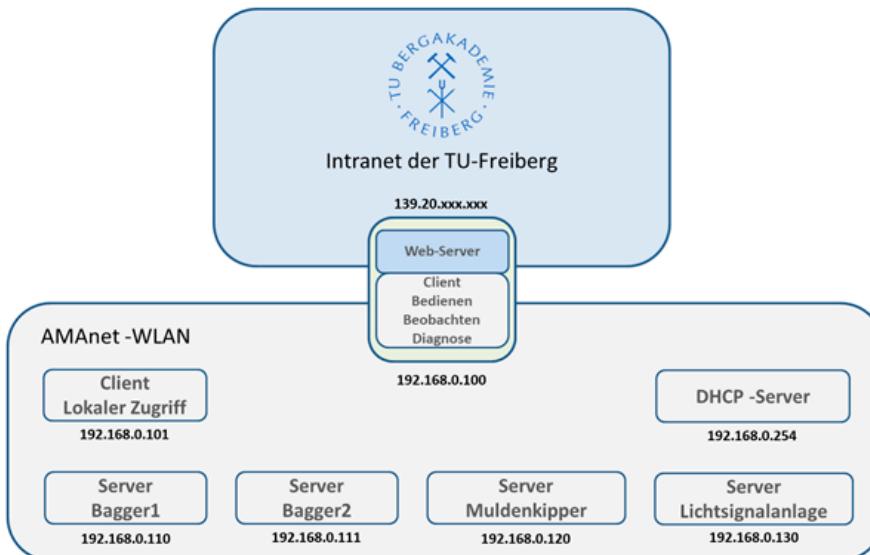


Abb. 3: Client-Server-Architektur für die Vernetzung der Komponenten

### Der Weg zum autonomen Betrieb

Für einen autonomen Betrieb der Arbeitsmaschinen/Fahrzeuge der Versuchsanlage ist nicht nur die Kommunikation zwischen den Teilnehmern von Bedeutung. Die Umsetzung von Algorithmen und Methoden zur Aufgaben- und Trajektorien-Planung stellen wesentliche Aspekte für die Realisierung des Modellversuchstands dar. In einem ersten Schritt wird hierbei ein zentralisierter Ansatz hinsichtlich beider Teilkomponenten angestrebt. Das heißt, eine zentrale Leitstelle ermittelt für eine spezielle Aufgabe die entsprechende Route an die jeweils ausgewählten Fahrzeuge und gibt die entsprechenden Fahrweisungen vor.

### Aufgaben- und Trajektorienplanung

Die zentrale Aufgabenstellung für die Ausführung von Arbeitsprozessen im System stellt die Aufgabenplanung dar, wobei die Vergabe von Arbeitspaketen an die am besten eigneten Fahrzeugen im Anlagensystem betrachtet wird. Für derartige Aufgabenstellungen bieten sich agentenbasierte Lösungen an. Letztlich führt jede Aufgabenplanung zu einer Trajektorienplanung für die ausgewählte(n) Arbeitsmaschine(n), wie Abbildung 4 zeigt.

### Beitrag zur Forschung

Für den Einsatz einer Versuchsanlage im Modellmaßstab ergeben sich am Institut für Tagebautechnik verschiedene Möglichkeiten. In einer ersten Ausbaustufe ist

die Kopplung des Baggerfahrersimulators mit der Testanlage vorgesehen. Dabei soll das lokal verteilte Steuerungssystem über das Intranet der TU genutzt werden. Mit dieser Konstellation können Modelle, welche mit der Simulationssoftware erstellt werden, in der realen Welt im Maßstab 1:14 evaluiert werden. Einen weiteren Ansatzpunkt stellt der Forschungsbereich „Bergbau im Weltraum“ dar. Beispielsweise beträgt die Signallaufzeit zwischen Erde und Mars zwischen 3 und 22 Minuten. Solche Latenzzeiten zwischen Steuereingriff und Wirkung auf die Aktorik lassen sich auf einer derartigen Testanlage sehr gut durch softwaretechnische Maßnahmen in beliebiger Zeitverzögerung testen. Außerdem sind im Anlagenkonzept Prinzipien der Sensorfusion vorgesehen, die auf [7, 8] basieren.

So steht eine Kamera für die Kartographierung der Arbeitsfläche zur Verfügung, deren Daten vorrangig dem Leitsystem dienen. Die mobilen Geräte sollen mit einer lokalen Hinderniserkennung ausgestattet werden (LIDAR-System) und können somit selbstständig auf eventuelle Hindernisse reagieren.

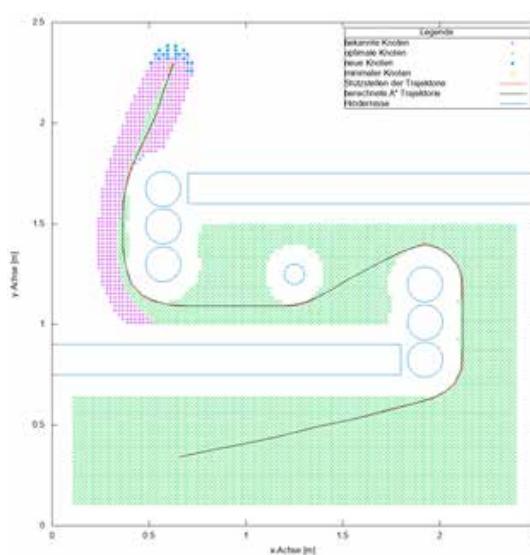
Die Wahl der Kommunikationsarchi-

tekturen ermöglicht es, Sensordaten allen im System beteiligten Kommunikationspartnern zur Verfügung zu stellen und somit eine umfassendere Kartographierung zu realisieren.

Ein weiterer Aspekt hat sich in Anbetracht des aktuellen Ukraine-Konflikts ergeben: Gebäude und Infrastruktur, gerade in größeren Städten, sind vielfach so massiv geschädigt, dass ein Wiederaufbau ohne Beseitigung der geschädigten bzw. zerstörten Substanz nicht ohne weiteres möglich ist. Hier können ferngelenkte bzw. autonom agierende Baumaschinen einen wertvollen Beitrag liefern, zumal der mantragende Betrieb solcher Geräte zu gefährlich erscheinen könnte.

### Beitrag für die Lehre

Wie eingangs erwähnt, können mit dem Aufbau des Versuchsstands studentische Arbeiten eingebracht werden. Zum



- Abwandlung des A\*-Algorithmus
- Umgebung vorab unbekannt
- Erkundung mit definierbaren Freiheitsgraden in festgelegtem Raster
- optimaler Pfad mit niedrigsten Gesamtkosten wird gefunden
- Höhenänderung und zurückgelegte Strecke werden berücksichtigt
- Pfadknoten bilden Grundlage für Bézierkurve

Abb. 4: Prozess der Wegfindung um bekannte Hindernisse

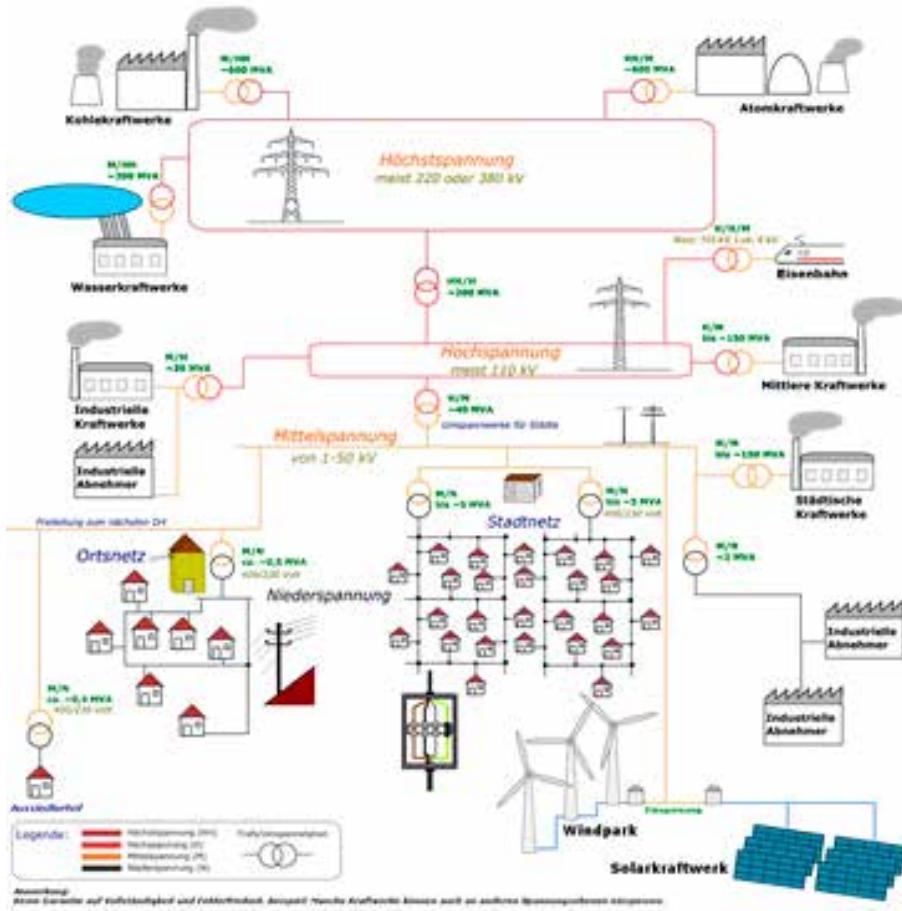


Abb. 5: Schematische Übersicht des Stromnetzes

aktuellen Zeitpunkt sind dazu bereits vier Masterarbeiten, vier Projektarbeiten, eine Bachelorarbeit und drei Studienarbeiten realisiert worden. Momentan befinden sich verschiedene Themen in Bearbeitung, weitere Aufgabenstellungen werden aufbauend auf den erzielten Ergebnissen folgen. Ge-wonnene Erkenntnisse können in den Vorlesungsstoff eingearbeitet werden und neue Lehrveranstaltungen können bei entsprechender Nachfrage gestaltet werden.

## 2. Gleicher Ansatz – anderer Anwendungsfall: Energieversorgung

Aufgrund der bereits angesprochenen, aktuellen weltpolitischen Lage steht die Sicherheit der Energieversorgung, wie sie Abbildung 5 in klassischer Sicht zeigt, in einem besonderen gesellschaftlichen Fokus. Die bereits eingeleiteten Veränderungen in der Energieversorgung, bedingt durch die Energiewende und die beschlossenen Ausstiege aus Atom- und Kohlekraft, erscheinen kurzfristig nicht revidierbar. Stattdessen soll der Ausbau erneuerbarer Energien beschleunigt und somit die Anstrengungen im Hinblick auf die Energiewende verstärkt werden, vermehrt auch unter Einbindung privater Haushalte durch gezielte Einsparungen. Im Hinblick auf die Unsicherheit besteht zusätzlich der Wunsch nach (teilweiser) energetischer Unabhängigkeit innerhalb der privaten Haushalte, die in einer Zunahme privat installierter Energiesysteme resultiert.

Für gezielte Einsparungsmaßnahmen, etwa durch einen überregionalen Ausgleich von Verbrauch und Bereitstellung, bedarf es einer intelligenten Betriebsführung der einzelnen Anlagen. Ein gesamtheitlicher, zentraler Ansatz gilt aufgrund

der Komplexität der Energienetze, insbesondere des Stromnetzes, als nicht realisierbar. Der Schwerpunkt der untersuchten Ansätze liegt daher auf der Betrachtung verteilter Systeme, etwa durch eine zelluläre Zerlegung des Stromnetzes. Dabei müssen neben energetischen auch wirtschaftliche Aspekte Berücksichtigung finden.

Es bietet sich daher eine agentenbasierte Betrachtung der Energiesysteme, vergleichbar der bei autonom agierenden Robotern/Arbeitsmaschinen, an. Die Fähigkeit des Energiesystems liegt dabei in der Bereitstellung sog. Flexibilitätspotenziale, das heißt, in der Möglichkeit der Reduzierung oder Erhöhung der Einspeise-/Bezugsleistung. Die Umsetzung der Leistungsreduktion/-erhöhung liegt dabei bei dem jeweiligen Energiesystem selbst, ohne Vorgabe eines bestimmten Vorgehens durch eine übergeordnete Ebene. Entsprechend erfolgt auch keine direkte Vorgabe der umzusetzenden Leistungsänderung, stattdessen bietet sich eine auktionsbasierte Vergabe an, siehe Abbildung 6. Diese erlaubt auch die Berücksichtigung marktwirtschaftlicher Mechanismen des Energiemarkts innerhalb

der einzelnen Vergabeverfahren. Das heißt, mit Beginn der Auktionsrunde schreibt ein Auktionator die zu deckende Residuallast aus. Jedes Energiesystem kalkuliert dann, inwieweit es einen Beitrag zur Deckung dieser Residuallast leisten kann und welche Kosten dafür anfallen. Daraus wird ein Gebot gebildet und an den Auktionator übergeben, welcher dann das beste Gebot auswählt und die Auktion schließt. Anschließend wird ein Vertrag mit dem System, welches das siegreiche Gebot abgegeben hat, geschlossen und die Umsetzung der vereinbarten Leistungsänderung überwacht. Es findet dabei eine Reihe von Auktionen statt, bis entweder keine Systeme mehr zur Verfügung stehen, die noch eine Leistungsanpassung anbieten könnten, oder eine weitere Leistungsanpassung zu einer betragsmäßig größeren Residuallast führt.

Die Residuallast bildet sich dabei aus der aktuellen Leistungsnachfrage und dem individuell geplanten Betrieb der einzelnen Energiesysteme. Das heißt, die resultierende Leistung jedes Systems  $i$  ergibt sich mittels

$$P_i^{el}(t) = \sum_{j=1}^n P_j^{el}(t),$$

über die Leistungseinträge der einzelnen Komponenten  $j$  des Energiesystems. Bei optimaler Betriebsführung erfolgt die Festlegung der einzelnen Leistungseinträge unter der Maßgabe einer vollständigen Lastdeckung mit der Möglichkeit eines zusätzlichen Netzbezug.

$$P_{i,Last}^{el}(t) = P_i^{el}(t) + P_{i,Netz}^{el}(t),$$

bei einer Minimierung der Kosten für den Betrieb und die Lastdeckung im jeweiligen System  $c_i$

$$c_i = \min \sum_{j=1}^n c_j P_j^{\text{el}}(t) + c_{i,\text{Netz}} P_{i,\text{Netz}}^{\text{el}}(t)$$

unter den leistungsgebundenen Kosten der einzelnen Komponenten  $c_j$  und den Kosten für den Bezug aus dem Netz oder die Vergütung der Einspeisung in das Netz  $c_{i,\text{Netz}}$ . Damit ergibt sich nach der individuell optimalen Planung in den Systemen die auszuschreibende Residualleistung in der Form

$$P_{\text{res}}^{\text{el}}(t) = \sum_{i=1}^m P_{i,\text{Netz}}^{\text{el}}(t),$$

wobei neben den gerade beschriebenen Prosumer-Haushalten auch reine Consumer-Haushalte berücksichtigt werden, für die im Vorfeld aufgrund fehlender Erzeugung keine optimale Betriebsplanung erfolgt.

Für die Gebotsbildung im Rahmen des Auktionsverfahrens ist zunächst die Definition einer geeigneten Metrik notwendig, die eine Vergleichbarkeit der Kosten für die jeweils angebotenen Flexibilitätsleistungen erlaubt. Dabei eignet sich eine Zerlegung in ein ökonomisches, ökologisches und nivellierendes Maß. Die ökonomische Komponente der Metrik ergibt sich aus den Kosten für den Brennstoff für einen zusätzlichen Betrieb oder durch einen erweiterten Verschleiß und Wartungsaufwand durch nicht optimalen Betrieb, etwa eine schnelle Folge von Ein- und Ausschaltvorgängen. Für ein System lassen sich die wirtschaftlichen Kosten  $c_{i,W}$  gemäß

$$c_{i,W} = \sum_{j=1}^n c_{j,W} P_{j,\text{flex}}^{\text{el}}$$

beschreiben, bei Kosten  $c_{j,W}$  für zusätzliche Flexibilitätsleistung  $P_{j,\text{flex}}^{\text{el}}$  der Komponente  $j$ . Analog kann eine Beschreibung der zusätzlichen ökologischen Kosten, etwa bedingt durch einen zusätzlichen  $\text{CO}_2$ -Ausstoß, erfolgen. Dazu können die Umweltkosten  $c_{i,U}$  für die entstehenden Emissionen auf Basis des Treibhauspotenzials (GWP) für jede zusätzliche Nutzung einer Komponente  $j$  bemessen werden. Unter dem

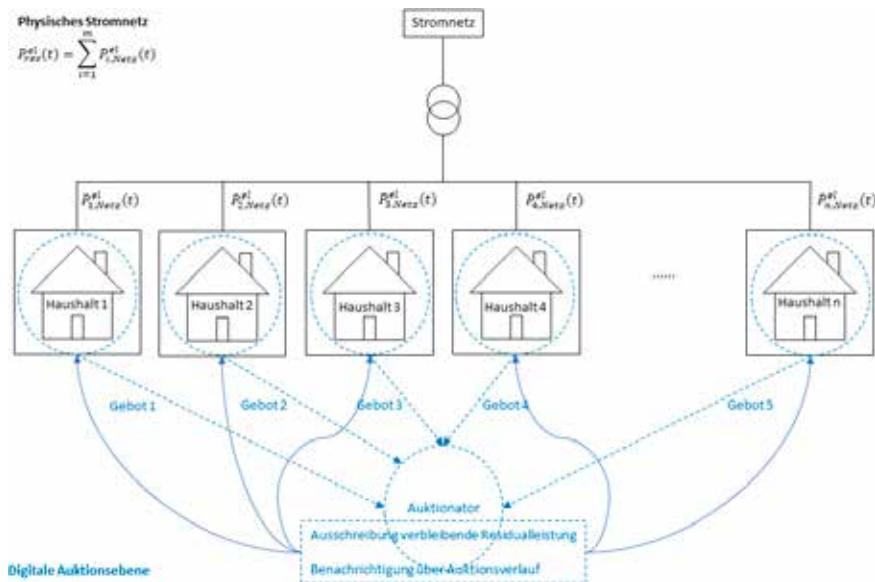


Abb. 6: Schematische Darstellung der Vernetzung der einzelnen Haushalte

nivellierenden Maß  $c_{i,N}$  ist ein Korrekturfaktor zu verstehen, der eine Ausgewogenheit in der Vergabe der Verträge gewährleisten soll. Systeme, die eine Reihe von Ausschreibungen innerhalb eines begrenzten zeitlichen Horizonts gewonnen haben, werden schlechter bewertet als Systeme, die weniger oder keine Ausschreibungen in dem gleichen Zeithorizont gewonnen haben. Die so formulierten Kosten für eine Bereitstellung von Flexibilitätsleistung können dann ins Verhältnis zu der angebotenen Leistung gesetzt werden und bilden das Gebot des jeweiligen Systems an den Auktionator.

Der so beschriebene Ansatz garantiert im Gegensatz zu einem zentralisierten Ansatz keine globale Optimalität, bedarf aber einer deutlich geringeren Rechenzeit, insbesondere für eine hohe Zahl von Systemen. Zudem erfordert es keinen direkten Eingriff des Auktionators in den Betrieb der Erzeugungsanlagen, diese Rolle könnte somit durch die (Übertragungs-)Netzbetreiber wahrgenommen werden, ohne gegen das vertikale Entflechtungsgebot des EnWG zu verstößen. Zudem muss eine deutlich geringere Menge an Information kommuniziert werden, und diese kann bei Einführung einer einfachen Zwischenebene in der Kommunikation anonym erfolgen. Im Rahmen von Simulationen zeigt der Ansatz erste vielversprechende Ergebnisse.

Die hier kurz umrissenen Betrachtungen sind ausführlich in der Dissertationsschrift [9] behandelt und fußen auf den Arbeiten zum 'Virtuellen Kraftwerk' (Energy Lab 4.0), wie es in dem ACAMONTA-Beitrag 2017 des IAT vorgestellt wurde. Insgesamt konnten neben drei Promotionsvorhaben etwa zwei Dutzend studentische Arbeiten eingebracht werden. Die gewonnenen Erkenntnisse sind bereits in die Lehrveranstaltungen 'Energienetze und Netzoptimierung' sowie 'Elektroenergieversorgung' des IAT eingeflossen.

## Literatur

1. D. Röbisch: Entwicklung und Optimierung eines Konzeptes zur Autonomisierung von Baustellenfahrzeugen im Modellmaßstab, Bachelorarbeit am IAT, 2019.
2. M. Uhrlaß: Entwicklung eines Planungsalgorithmus zur zielorientierten Reihenfolge von Aufgaben für Modell-Bagger, Masterarbeit am IAT, 2021.
3. P. Hövel; J. Huang: Objekterkennung durch drehbar gelagerte Sensorik für das Einsatzgebiet „Arbeitsmaschinen im Modellmaßstab“, Projektarbeit am IAT, 2022.
4. R. Al Masalma: WLAN-Kommunikation für mobile verteilte Systeme auf Basis des Espressif-ESP32-Moduls, Studienarbeit am IAT, 2022.
5. Y. Patel: Untersuchungen zur 3D-Kartierung einer Modelloberfläche mittels Kinect-Kamera, Masterarbeit am IAT, 2020.
6. M. Aldawoodi: Entwicklung eines Ansteuerungssystems für sensorlose BLDC-Motoren für den Einsatz in mobilen Modellarbeitsmaschinen, Masterarbeit am IAT, 2022.
7. A. Rehkopf: Modul einer signaltechnisch sicheren, stochastischen Sensorfusion für eine multisensorische Ortungseinheit (SDMU), Erfindungs-/Patentschrift, 2000.
8. A. Rehkopf: Multisensorische Ortungseinheit (SDMU) mit kombiniert deterministisch/stochastischer Fusion, Erfindungs-/Patentschrift, 2001.
9. S. Schwarz: Ein Beitrag zur optimalen Betriebsführung hybrider Energiesysteme, Dissertation an der Fakultät IV der TU Bergakademie Freiberg, 2021.

# Modellierung von thermochemischen Konversionsprozessen

## Einsatzmöglichkeiten und Potenziale

Fengbo An, Johannes Scherer, Mathias Hartwich, Andreas Richter

### Einsatzpotenziale der Prozesssimulation für die chemische Industrie und die Metallurgie

Industriezweige mit energieintensiven Produktionsprozessen, bspw. die chemische Industrie und die Metallurgie, stehen seit geraumer Zeit vor einer Vielzahl an Herausforderungen. Auf der einen Seite steht die Transformation zu einer nachhaltigen,  $\text{CO}_2$ -emissionsneutralen Produktion im Vordergrund. Auf der anderen Seite erfordern die immer stärker schwankenden Energie- und Rohstoffpreise eine beschleunigte Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen. Mit Blick auf den Krieg in der Ukraine gerät zusätzlich die Frage nach der Verfügbarkeit sowohl von Rohstoffen als auch von Energieträgern in den Fokus.

Für die Anpassung der Produktionsprozesse an die neuen Anforderungen stehen eine Vielzahl technologischer Optionen zur Verfügung. Durch die Substitution von fossilen Energierohstoffen mit alternativen und heimischen Kohlenstoffträgern wie Reststoffe, Biomassen oder Prozessgase können beispielsweise Kohlenstoffkreisläufe geschlossen,  $\text{CO}_2$ -Emissionen vermieden und die zunehmende Abhängigkeit von rohstoffliefernden Ländern reduziert werden. Ebenso ermöglicht die Integration von elektrischem Strom und Wasserstoff aus erneuerbaren Energien eine  $\text{CO}_2$ -emissionsfreie, importunabhängige Produktion.

Die Wahl der spezifischen Einsatzstoffe (Biomassen, Klärschlämme, Kunststoffabfälle, Sondermüll, kommunale Abfälle) erfordert hinsichtlich der Prozessführung teilweise sehr unterschiedliche Verfahren und jeweils die Anpassung und Optimierung bestehender Technologien. Sollen zusätzlich Wasserstoff und Strom aus erneuerbaren Energien integriert werden, bedingt dies teilweise eine komplett Neuentwicklung des Prozesses. Aufgrund der Komplexität der thermochemischen Umwandlung und der Vielzahl an potenziellen erneuerbaren Einsatzstoffen ist der klassische Entwicklungsweg vom Labormaßstab über die Pilotanlage bis zur ersten Demonstrationsanlage aufgrund des hohen Zeit- und Kostenaufwands nicht mehr darstellbar und verliert zunehmend an Bedeutung.

Genau hier kommen die Stärken der Prozessmodellierung zum Tragen. Durch deren konsequenteren Einsatz ist es möglich, auch völlig neue technologische Konzepte zeit- und kosteneffizient zu entwickeln, zu optimieren und virtuell zu demonstrieren. Die Stärken der Prozessmodellierung umfassen dabei drei wesentliche Themenbereiche: (1) die Prozessanalyse, d.h. das Schaffen eines vertieften Prozessverständnisses und das Aufdecken grundlegender Stoffwandlungsprozesse, (2) die modellgestützte Entwicklung besserer Messtechnik und (3) die modellgestützte Entwicklung neuer Komponenten und Technologien.

Die folgenden Kapitel demonstrieren die Potenziale der Prozessmodellierung in diesen drei Themenbereichen anhand aktueller Forschungsthemen. Der erfolgreiche Einsatz der Rechenmodelle hängt dabei wesentlich von deren umfassender Überprüfung ab. Die an den verschiedenen Instituten

der Bergakademie sowie am Zentrum für effiziente Hochtemperaturstoffwandlung verfügbare Infrastruktur ermöglicht eine großtechnische Validierung der Rechenmodelle und schafft die Basis für eine erfolgreiche Umsetzung der neu entwickelten Technologien durch unsere Partner aus Industrie und Wirtschaft.

### Modellgestützte Prozessanalyse

Thermochemische Konversionsprozesse finden bei Temperaturen bis teilweise über 2000 °C und hohen Drücken bis ca. 70 bar statt, sodass eine messtechnische Prozessanalyse nur schwer realisierbar ist und sich in der Regel auf die Messung der Produktqualität beschränkt. Die Prozessmodellierung ermöglicht es, die komplexen Wechselwirkungen und Transportmechanismen zwischen der reaktiven Gasströmung und dem thermochemisch umgesetzten Einsatzstoff ortsaufgelöst zu analysieren, den Wärmetransport im Reaktionsraum durch Strahlung und Konvektion zu untersuchen und Optimierungspotenziale abzuleiten. So können bspw. Bereiche mit kritischen Temperaturspitzen, Zonen mit zu geringem Stoffumsatz oder Wandabschnitte mit einer zu hohen Wandkorrosion detektiert und Optimierungspotenziale abgeleitet werden.

Beispielhaft hierfür zeigt die Abbildung 1 die Verteilung einzelner Biomassepartikel und deren Temperatur in einem Flugstromvergaser. Deutlich sichtbar wird die Flammenzone, in denen die Partikel Temperaturen bis ca. 2500 °C aufweisen. In Wandnähe liegen die Partikeltemperaturen zwischen 1450 und 1550 °C und damit über ihrer Ascheerweichungstemperatur, sodass sich in diesem Fall an der Reaktorwand ein gewünschter, schützender Schlackefilm ausbildet.

Mithilfe des Rechenmodells kann abgeschätzt

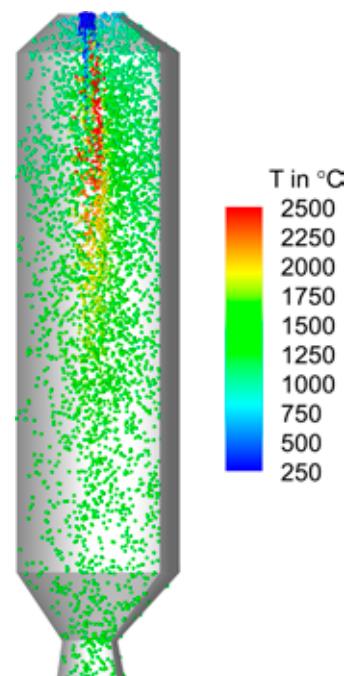


Abb. 1: Repräsentative Partikelverteilung und Partikeltemperatur in einem Flugstromvergaser.

### Kontakt

TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen  
Professur für Modellierung von thermochemischen Konversionsprozessen  
Reiche Zeche  
Fuchsmühlenweg 9 D  
09599 Freiberg  
a.richter@iec.tu-freiberg.de

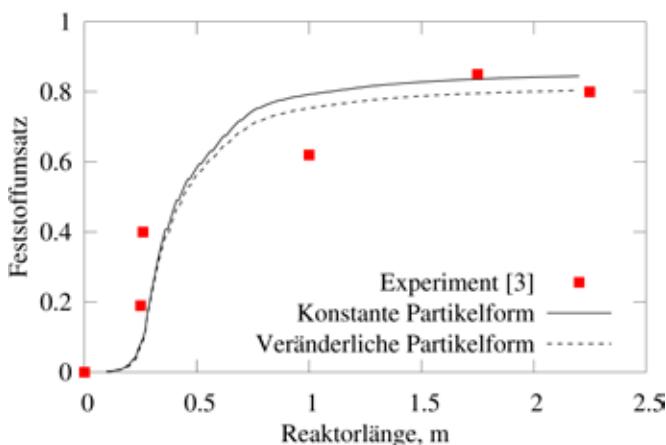


Abb. 2: Einfluss der Änderung der Partikelform auf den Feststoffumsatz in einem Versuchsreaktor.

werden, inwieweit die teilweise nur wenige Mikrometer großen Partikel ihre Form und ihre Eigenschaften ändern – Informationen, die aufgrund der geringen Partikelgrößen und der schlechten messtechnischen Zugänglichkeit bisher nicht bekannt waren [1]. Es kann gezeigt werden, dass allein die Änderung der Partikelform durch eine inhomogene Verteilung der Oberflächenreaktionsrate deutliche Abweichungen im Gesamtumsatz bedingt. Dies ist in der Abbildung 2 für einen Versuchsreaktor beispielhaft dargestellt [2].

### Modellgestützte Entwicklung verbesserter Messtechnik für Hochtemperaturprozesse

Ob Reaktionskinetiken, Partikelformen und -porositäten, Wärmeleitfähigkeiten oder effektive Diffusionskoeffizienten – diese und viele weitere Materialeigenschaften können für komplexe Einsatzstoffe wie Biomassen und Reststoffe nicht a priori bestimmt werden, sondern erfordern den Einsatz verschiedenster Messtechnik. Gerade bei Untersuchungen unter hohen Drücken und Temperaturen ist es jedoch häufig schwierig, die exakten Versuchsbedingungen apparatetchnisch sicherzustellen und zu kontrollieren. So können bspw. Wärmeverluste entlang des Reaktionsraums oder Transportbegrenzungen des Eduktstroms die Messungen von Reaktions- oder Pyrolysekinetiken erheblich verfälschen. Mithilfe

der Prozessmodellierung ist es möglich: (1) die Messunsicherheiten zu quantifizieren, (2) die Messfehler modellgestützt zu korrigieren und (3) die Entwicklung völlig neuer Messkonzepte als Designwerkzeug zu unterstützen.

Beispielhaft für eine modellgestützte Fehleranalyse und -korrektur zeigt die Abbildung 3 die  $\text{CO}_2$ -Konzentrations- und Temperaturverteilung in einer Hochdruck-Thermowaage. Messtechnisch können lediglich die Temperatur nahe des Probenkörpers sowie die  $\text{CO}_2$ -Konzentration am Eintritt in die Versuchsanlage erfasst werden. Wie die Berechnungen der reaktiven Strömung in der Thermowaage zeigen, sind diese beiden Größen nicht konstant, sondern variieren deutlich in und um die Messprobe. Der daraus resultierende Messfehler kann durchaus 40 % und mehr betragen. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei, dass diese systematischen Abweichungen durch einen geänderten Versuchsaufbau zwar reduziert aber nie vollständig vermieden werden können.

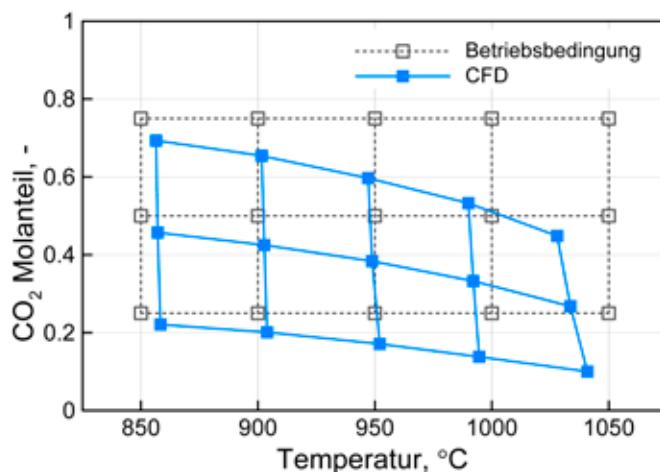


Abb. 4: Mittlerer  $\text{CO}_2$ -Stoffmengenanteil und mittlere Temperatur in der Probe.

Hier zeigt die Prozessmodellierung ihre Stärke. Sie ermöglicht es nicht nur, wie in Abbildung 4 dargestellt, die Abweichungen zwischen erwarteter und tatsächlicher Messgröße zu ermitteln. Viel wichtiger ist, dass damit eine Korrektur der Messdaten möglich wird. Durch die Integration der tatsächlichen Konzentrationen und Temperaturen in die Datenauswertung können beispielsweise korrigierte Reaktionskinetiken mit minimalen systematischen Messfehlern zur Verfügung gestellt werden.

Ein weiteres Beispiel für die Weiterentwicklung von Messtechnik mithilfe der Prozessmodellierung stellt der sogenannte Hitecom-Reaktor dar [4]. Bei diesem Reaktor handelt es sich um eine speziell konzipierte Versuchsanlage, mit der der Umsatz eines einzelnen Partikels unter sehr definierten Strömungsbedingungen in-situ verfolgt werden kann. Trotz einer Vielzahl von Messstellen können auftretende Temperatur- und Stoffmengengradienten messtechnisch nur unzureichend erfasst werden. Die Abbildung 5 zeigt die Modellierungsergebnisse für die Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung im Reaktor, anhand derer zukünf-

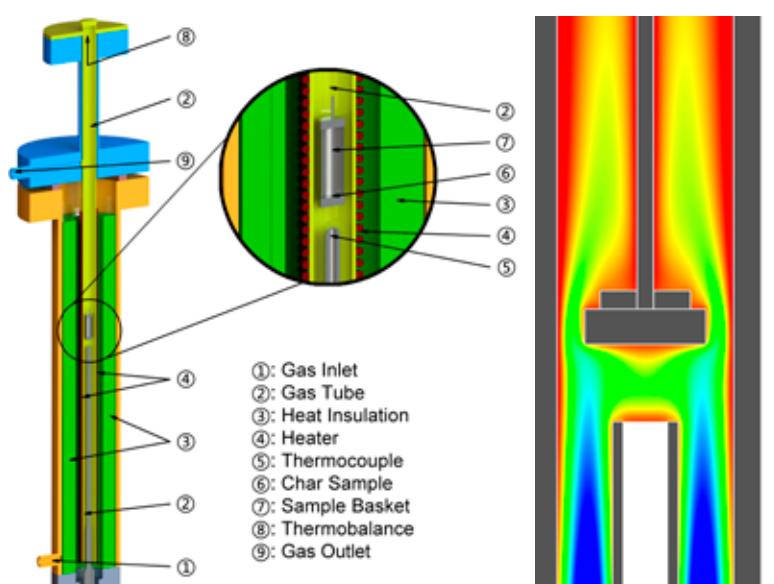


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Thermowaage (links) und Temperaturverteilung am Probenkörper (rechts).

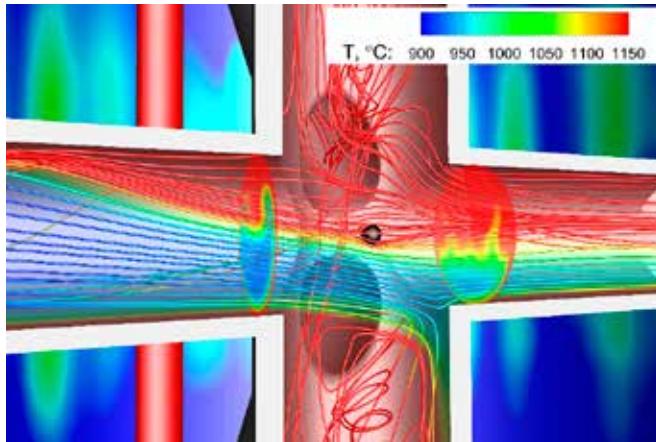


Abb. 5: Gasströmung und -temperatur im Hitecom-Reaktor.

tig eine Optimierung der Heizelemente erfolgt. Anhand des Hitecom-Reaktors lässt sich beispielhaft darstellen, wie die Prozessmodellierung die Entwicklung neuartiger Messkonzepte unterstützen kann.

### Modellgestützte Entwicklung neuer Komponenten und Technologien

Wie eingangs beschrieben liegt die große Stärke der Prozessmodellierung in der beschleunigten Entwicklung neuer Technologien. Bereits 2017 wurden am Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen neue Brennerkonzepte für die Synthesegaserzeugung aus gasförmigen Einsatzstoffen modellgestützt entwickelt und deren Leistungsfähigkeit großtechnisch demonstriert. In den letzten Jahren wurden diese Entwicklungsarbeiten auf weitere Konversionsprozesse angewandt. So ist es mithilfe der Prozessmodellierung möglich, völlig neue technologische Ansätze zu erproben, die aufgrund ihres neuartigen Designs wenig Chancen haben, ohne Vorkenntnisse direkt in einer Pilotanlage umgesetzt zu werden [5].

Beispielhaft hierfür zeigt die Abbildung 6 die Berechnung der reaktiven Strömung in einem konventionellen Flugstromreaktor zur Synthesegaserzeugung bspw. aus Klärschlamm. Mithilfe der Prozessmodellierung wurde anschließend sowohl das Reaktordesign als auch das Brennerdesign systematisch variiert. Im Ergebnis steht ein neues Konversionsverfahren, das mit einem um 87 Prozent reduziertem Reaktorvolumen den gleichen Feststoffumsatz erzielt wie das herkömmliche Verfahren, wobei die appartechnischen Kosten signifikant reduziert werden können.

Inwieweit solche neuartigen Konzepte von Industriepartnern für die großtechnische Produktion umgesetzt werden, hängt neben dem Vertrauen der Industriepartner in die Zuverlässigkeit der Rechenmodelle von einer Vielzahl weiterer betriebswirtschaftlicher und verfahrenstechnischer Randbedingungen und letztendlich von der Innovationsfreudigkeit der entsprechenden Branche ab. Die Prozessmodellierung ist

hierbei, wie an diesem Beispiel dargestellt, ein wesentlicher Innovationstreiber.

### Neue Anwendungsfelder der Prozessmodellierung

Die validierten Rechenmodelle lassen sich mit moderatem Aufwand auf vergleichbare energieintensive Prozesse bspw. in der Metallurgie, der Chemie oder der Glasherstellung übertragen. Hier stehen ebenfalls die Transformation der Produktionsprozesse zu einer nachhaltigen Wertschöpfung und die Prozessoptimierung im Vordergrund. Ein wesentlicher Baustein hierfür ist die plasmagestützte Einkopplung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Dieser in der Chemie und Metallurgie noch relativ neue Ansatz bedarf noch einer intensiven, grundlagenorientierten Erforschung, hat aber das Potenzial, zukünftig eine Schlüsselrolle bei der nachhaltigen,  $\text{CO}_2$ -emissionsfreien Produktion von Basisgütern zu übernehmen.

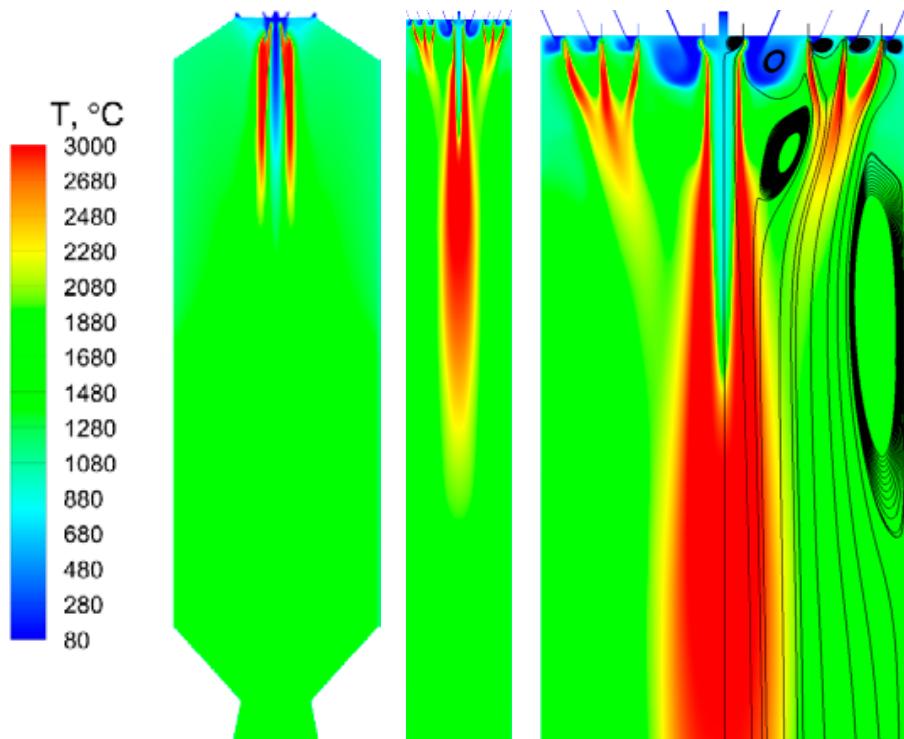


Abb. 6: Temperaturverteilung in einem Flugstromreaktor. Links: konventionelles Design, Mitte: neues Reaktordesign, Rechts: Ausschnitt.

### Literatur

- 1 C. B. Nguyen, J. Scherer, M. Hartwich, A. Richter, The morphology evolution of char particles during conversion processes, *Combustion and Flame* 2021, 226, 117-128.
- 2 C. B. Nguyen, M. M. Farid, J. Scherer, Q. Guo, M. Gräbner, A. Richter, A hybrid particle model with advanced conversion parameters and dynamic drag model applied for the CFD modeling of an entrained-flow gasifier, *Combustion and Flame* 2022, 240, 112040.
- 3 S. S. Hla, D. Harris, D. Roberts, Gasification conversion model – PEFR, 2007. Research report 80.
- 4 F. An, F. Küster, R. Ackermann, S. Guhl, A. Richter, Heat and mass transfer analysis of a high-pressure TGA with defined gas flow for single-particle studies, *Chemical Engineering Journal* 2021, Volume 411, 128503.
- 5 T. Förster, Y. Voloschuk, A. Richter, B. Meyer, 3D numerical study of the performance of different burner concepts for the high-pressure non-catalytic natural gas reforming based on the Freiberg semi-industrial test facility HP POX, *Fuel* 2017, 203, 954-963.

# Virtuelle Methoden in der Forschung und Entwicklung von Aufbereitungsmaschinen

Peter Eitz, Holger Lieberwirth, Oliver Schindler, Thomas Zinke

Unter der  
 Zielstellung  
 kürzerer  
 Entwick-

lungszeiten bei gleichzeitiger Kostenreduzierung und Qualitätssicherung hat sich die virtuelle Produktentwicklung im Maschinen- und Anlagenbau etabliert. Neben der Prognose des Maschinen- und Prozessverhaltens sowie der Minimierung kostenintensiver Prüfstandversuche erlangen virtuelle Prototypen zunehmend Bedeutung für die prädiktive Wartung.

Am Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik (IART) werden virtuelle Methoden in den Bereichen DEM<sup>1</sup> (z. B./Sch-09/,/Gla-19/), Fließbildsimulationen (/Gla-22/) und Machine Learning (/Lan-21/) genutzt. Zudem wird MKS<sup>2</sup>-Methoden bis hin zur domänenübergreifenden

neben kinematischen Größen auch Bauteilbelastungen (Stützkräfte wie dynamische Belastungen der Lager, Druckplatten und Rückholfeder u. a.) bestimmt, mittels Kontaktmodellierungen der Rückholmechanismus der Schwinge untersucht und die simulativen Modellergebnisse mithilfe empirisch-analytischer Gleichungen auf Plausibilität geprüft werden. Ferner sind potentielle Modellerweiterungen denkbar, um beispielsweise eine hydraulische Spalteinstellung oder Überlastsicherung vor der Realisierung virtuell analysieren und erproben zu können.

## Modellbasierte Analyse einer Siebmaschine

Schwingsiebmaschinen werden zur Klassierung mineralischer Rohstoffe häufig bei überkritischen Drehzahlen betrieben und in Stahlkonstruktionen untergebracht. Zur Analyse des Betriebsverhaltens im Hinblick auf die Feder- und

Lagerkräfte sowie Schwingungsformen erarbeitete Schindler (/Sch-20/) ein Simulationsmodell in Simscape (s. Abbildung 2). Damit konnten die Bewegungsbahnen, Beschleunigungen des Siebkastens, Resonanzdurchfahrt sowie Lager- und Fundamentbelastungen berechnet und visualisiert werden. Die Simulationsergebnisse wurden anhand analytischer Ergebnisse (OEM<sup>4</sup>-Gleichungen zur Lagerlastberechnung im

quasistatischen Betrieb) auf Plausibilität geprüft und mit Beschleunigungsmessungen am realen Demonstrator validiert.

Mit dem Modell können Sensitivitäts- und Parameterstudien wie z. B. Fundamentbelastung bei Drehzahl- und Siebneigungswinkeländerungen vollzogen werden. Zudem sind die Modellstrukturen im Hinblick auf Weiterentwicklungen der Maschine (wie z. B. beladungs- und neigungsabhängige Regelstrategien, Modell-Erweiterung um Antriebsstrang, Diskussion aktiver Feder-Dämpfer-Elemente usw.) verwertbar.

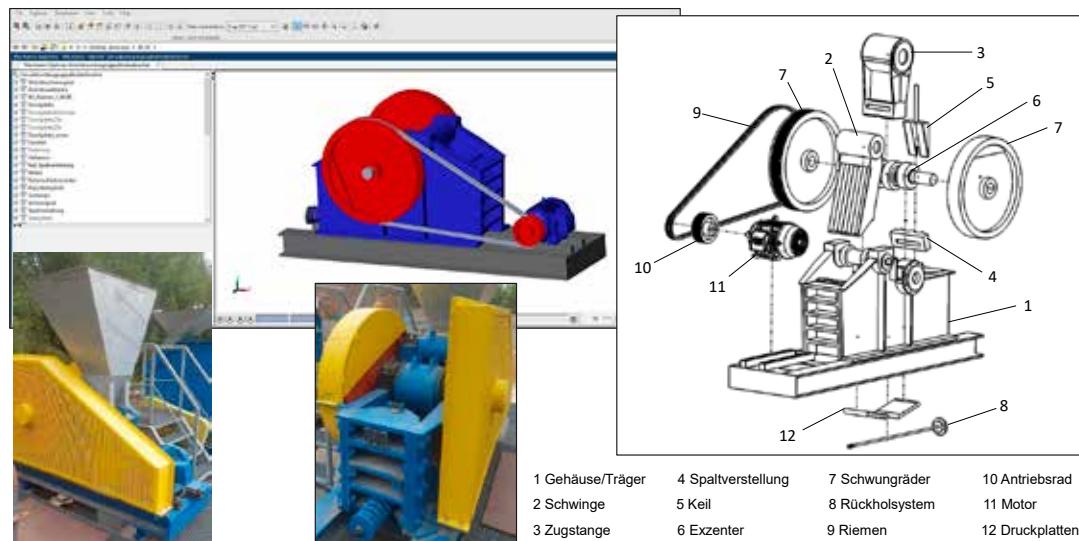


Abb. 1: Demonstrator Backenbrecher

Maschinensimulation fokussiert. Diese Teildisziplinen in der Umsetzung mit Matlab/Simulink bei Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen sind Gegenstand dieses Beitrags.

## Modellierung und Simulation eines Backenbrechers

Bislang wurden Backenbrecher in der Fachliteratur (/Höf-94/,/Sch-89/) meist über analytische bzw. empirische Berechnungsmodelle beschrieben. Diese konventionelle Beschreibung wurde von Eitz (/Eit-20/) um die numerische Mehrkörpersimulation eines Pendelschwingenbackenbrechers erweitert. Dafür wurde ausgehend vom CAD<sup>3</sup>-Modell ein virtueller Demonstrator in der Matlab/Simulink-Toolbox Simscape (s. Abbildung 1) erarbeitet.

Mit diesem Modell wurden ausgewählte quasistatische und dynamische Szenarien in unterschiedlichen Betriebsmodi (Anfahren, Dauerbetrieb, Blockade) analysiert. Dabei konnten

quasistatischen Betrieb) auf Plausibilität geprüft und mit Beschleunigungsmessungen am realen Demonstrator validiert.

Mit dem Modell können Sensitivitäts- und Parameterstudien wie z. B. Fundamentbelastung bei Drehzahl- und Siebneigungswinkeländerungen vollzogen werden. Zudem sind die Modellstrukturen im Hinblick auf Weiterentwicklungen der Maschine (wie z. B. beladungs- und neigungsabhängige Regelstrategien, Modell-Erweiterung um Antriebsstrang, Diskussion aktiver Feder-Dämpfer-Elemente usw.) verwertbar.

## Domänenübergreifende Simulation einer Wälzmühle

Im Bereich der Feinzerkleinerungsmaschinen erarbeitete Eitz (/Eit-21/) ein domänenübergreifendes Modell (s. Abbildung 3) einer institutseigenen Labor-Wälzmühle. Zur Validie-

<sup>1</sup> Diskrete-Element-Methode

<sup>2</sup> Mehr-Körper-Simulation

<sup>3</sup> Computer-Aided-Design

<sup>4</sup> Original-Equipment-Manufacturer

**Kontakt**  
 Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik,  
 Thomas.Zinke@iart.tu-freiberg.de

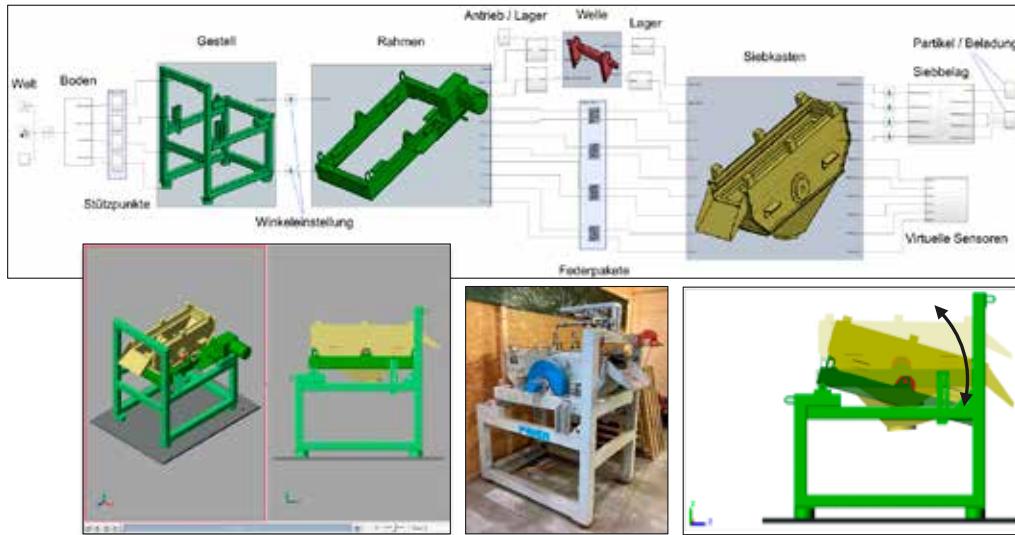


Abb. 2: Demonstrator Siebmaschine

rung standen Messdaten der Weg-, Druck- und Drehzahlsensoren am realen Demonstrator zur Verfügung.

Die Modellierung umfasste neben dem mechanischen MKS-Modell in Simscape Multibody auch das Hydrauliksystem (Bibliothek Simscape Fluid) und ein vereinfachtes Antriebsmodell (in Simscape Driveline) zur Analyse verschiedener Prozessmuster. Abgebildet wurden die in der Mühle wirkenden Kräfte und die Reibkontakte der 3 Walzen-Mahlsteller-Interaktionen. Zudem wurde mittels Kontaktmodellierung die Einzelpartikelbewegung auf dem Mahlteller simuliert.

Weiterhin wurde das domänenübergreifende Simscape-Modell um die Steuerungslogik in der Stateflow-Toolbox ergänzt. Das vorhandene multiphysikalische Modell wurde hinsichtlich der Eignung für eine modellbasierte virtuelle Inbetriebnahme bewertet. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte die Erzeugung, die Verknüpfung und der Test der Steuerungslogik mit dem virtuellen Modell der Wälzmühle. Anschließend wurde aus dieser Logik ein strukturierter Text für eine SPS<sup>5</sup> erzeugt.

## Zusammenfassung

Besonders in frühen Phasen der Produktentwicklung bei Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen bietet sich die Implementierung virtueller Methoden und Prototypen an. Um der zunehmenden Interaktion der Domänen Mechanik, Elektrotechnik, Hydraulik, Sensorik und Steuerung/Elektronik/Automation bei Aufbereitungsmaschinen gerecht zu werden, wurden modellbasierte Tätigkeiten in der Umgebung Matlab/Simulink einschließlich relevanter Toolboxes vorgenommen.

Mithilfe der multiphysikalischen Modellierungen

<sup>5</sup> speicherprogrammierbare Steuerung

konnten konstruktionsrelevante Lastannahmen simulativ bestimmt werden, die beispielsweise für maschinendynamische Strukturberechnungen in weiterführenden FEM-Simulationen verwertet werden können. Damit wurde eine wertvolle Methodik aufgezeigt, um empirisch-analytische Auslegungsrechnungen zu erweitern. Der Eignungsnachweis der erarbeiteten Modellstrukturen wurde für relevante Prozessmuster erbracht und kann somit adaptiv in perspektivischen F&E-Tätigkeiten (HiL<sup>6</sup>, SiL<sup>7</sup>, virtuelle Inbetriebnahme, ...) verwertet und erweitert werden.

6 Hardware-in-the-Loop

7 Software-in-the-Loop

## Literatur

- /Eit-20/ Eitz, P.: Potentialanalyse der MKS-Modellierung in die konstruktive Gestaltung und den Betrieb eines Pendelschwingen-Backenbrechers. TU Bergakademie Freiberg, Großer Beleg, 2020
- /Eit-21/ Eitz, P.: Domänenübergreifende Modellierung und Simulation einer Wälzmühle. TU Bergakademie Freiberg, Diplomarbeit, 2021
- /Gla-19/ Gladky, A.: Numerische Untersuchung der Beanspruchung in Gubettwalzenmühlen mit idealisierten Materialien. TU Bergakademie Freiberg, Dissertation, 2019
- /Gla-22/ Gladky, A.: Dynamische Simulation einer Aufbereitungsanlage mittels neuer Open-Source-Software. TU Bergakademie Freiberg, Symposium für Aufbereitungs-technik, 2022
- /Höf-94/ Höfli, Karl: Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen. 2. Auflage. Hannover : Schülersche Verlagsanstalt und Druckerei GmbH & Co., 1994
- /Lan-21/ Lange, S.: Machine-Learning basierte Prozesszustandserfassung am Beispiel eines Prallbrechers. TU Bergakademie Freiberg, Symposium für Aufbereitungs-technik, 2021
- /Sch-09/ Schmidt, M.: Modellierung der Zerkleinerung in Profilwalzenbrechern. TU Bergakademie Freiberg, Dissertation, 2009
- /Sch-20/ Schindler, O.; Weska, H.: Modellbildung und MKS-Simulation einer Kreis-Schwing siebmaschine. TU Bergakademie Freiberg, Projektarbeit, 2020
- /Sch-89/ Schubert, H.: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe. Band 1. Leipzig : VEB deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1989

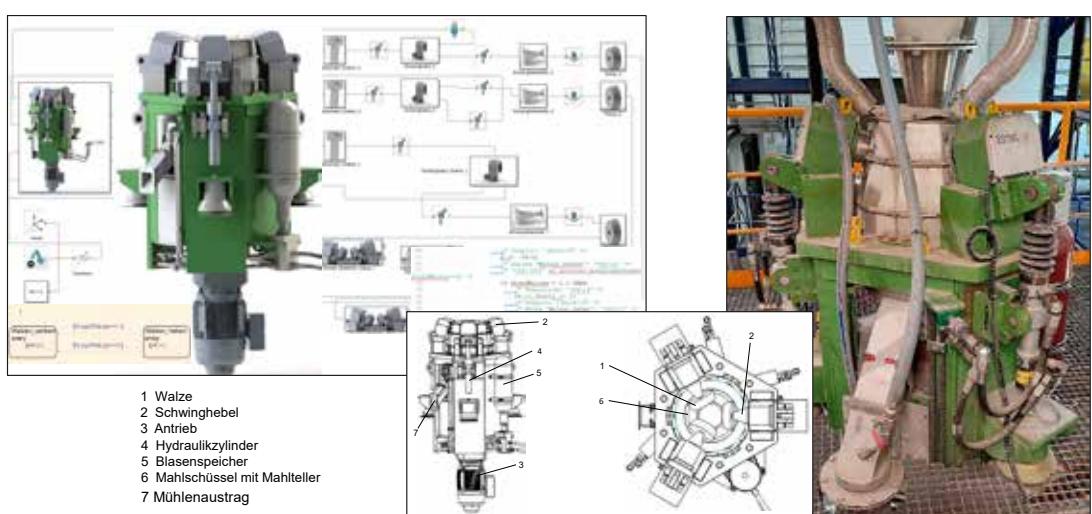


Abb. 3: Demonstrator Wälzmühle

# Nachhaltigkeitsberichterstattung

## Eine Herausforderung für die berichtenden Unternehmen und die Adressaten

Silvia Rogler

Nachhaltigkeitsberichterstattung ist für viele Unternehmen schon eine Selbstverständlichkeit, andere dagegen stehen erst am Anfang.<sup>1</sup> Unabhängig vom bisherigen Stand der Umsetzung besteht aktuell eine große Herausforderung darin, mit den vielen Änderungen und kurzen Umsetzungsfristen Schritt zu halten. Es gibt mehrere Initiativen zur (Weiter-) Entwicklung von Standards zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, sowohl auf internationaler als auch auf europäischer Ebene, bei denen unterschiedliche Ansätze verfolgt werden. Bislang ist noch nicht absehbar, inwieweit es zu einer Harmonisierung kommen oder welcher Standard bzw. Ansatz sich in Zukunft international durchsetzen wird. Für kapitalmarktorientierte Unternehmen, die nach den internationalen Rechnungslegungsvorschriften (IFRS) bilanzieren, könnte deshalb das Problem auftreten, dass sie sowohl die europäischen als auch die internationalen Regelungen umsetzen müssen.

Ziel dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die wesentlichen Initiativen zur Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsberichterstattung zu geben und darauf aufbauend die aktuellen Regelungen und die (voraussichtlichen) zukünftigen Regelungen für deutsche Unternehmen zu erläutern.<sup>2</sup>

### Initiativen zur Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsberichterstattung

Die derzeitige Situation zur Nachhaltigkeitsberichterstattung ist unbefriedigend, da es kaum konkrete Vorgaben gibt und somit ein großer Gestaltungsspielraum sowie in der Folge eine geringe Vergleichbarkeit der veröffentlichten Informationen bestehen. Durch eine Standardisierung soll diesen Kritikpunkten entgegengewirkt werden. Diesem Vorteil steht aber der Nachteil gegenüber, dass eine weitgehende Standardisierung die Anpassung an unternehmensindividuelle Besonderheiten erschwert. Geplant ist, allgemein gehaltene Rechtsnormen durch (einheitlich anzuwendende) Rahmenwerke oder Standards mit detaillierteren Regelungen und Beispielen zur Umsetzung zu ergänzen. Durch dieses zweistufige Vorgehen sollen die grundständigen Rechtsnormen entlastet und eine höhere Flexibilität erreicht werden. Standards oder Rahmenwerke zur Nachhaltigkeitsberichterstattung werden von der Europäischen Union (EU), der International Financial Reporting Standards (IFRS)-Foundation und von weiteren Standardsetzern entwickelt bzw. liegen schon vor.<sup>3</sup>

Im April 2021 wurde von der **EU-Kommission** der Entwurf

1 Einen Überblick über die Umsetzung der Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Praxis, differenziert nach Branchen und Ländern, gibt die Benchmark-Studie „The State of Play in Sustainability Assurance“ der International Federation of Accountants (IFAC), abrufbar unter: <https://www.ifac.org/system/files/publications/files/IFAC-Benchmarking-Global-Practice-Sustainability-Assurance.pdf>.

2 Vgl. Sopp/Rogler, Nachhaltigkeitsberichterstattung für umweltbezogene nichtfinanzielle Kennzahlen und Wirtschaftsaktivitäten, in: Internationale und kapitalmarktorientierte Rechnungslegung (KoR), Nr. 11-12/2022, S. 445 ff.

3 Vgl. Baumüller/Scheid, Der „Baukasten-Ansatz“ im Rahmen der Harmonisierung der globalen Nachhaltigkeitsberichterstattung, in: Internationale Rechnungslegung (PIR), Nr. 1/2021, S. 16 ff.; Lanfermann/Baumüller/Scheid, Standardisierung der Klimaberichterstattung: neue Vorschläge der EFRAG, des ISSB und der SEC, in: Zeitschrift für Internationale Rechnungslegung (IRZ), Nr. 6/2022, S. 277 ff.

der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)<sup>4</sup> veröffentlicht, mit der die bisherigen Regelungen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung erweitert werden sollen. Im Februar bzw. März 2022 haben der EU-Rat<sup>5</sup> und das EU-Parlament<sup>6</sup> ihre Standpunkte dazu veröffentlicht und verschiedene Änderungen vorgenommen. Am 21. Juni haben der EU-Rat und das EU-Parlament eine vorläufige politische Einigung erzielt,<sup>7</sup> die Verabschiedung der Richtlinie steht aber noch aus. Die Konkretisierung der zu veröffentlichten Informationen erfolgt nicht in der Richtlinie, sondern über Standards, die von der European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG) aufgestellt werden. Die European Sustainability Reporting Standards (ESRS) sollen dabei möglichst in enger Abstimmung zu anderen internationalen Verlautbarungen entwickelt werden. Dazu wurden bereits Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen, z. B. im Juli 2021 mit der Global Reporting Initiative (GRI). Einen ersten Zwischenbericht veröffentlichte die Project Task Force on Non-Financial Reporting Standards (PTF-NFRS) im November 2020. Im März 2021 folgte die Veröffentlichung des Abschlussberichts durch das European Reporting Lab der EFRAG.<sup>8</sup> Dieser enthält u.a. einen Vorschlag zu übergeordneten konzeptionellen Leitlinien (z. B. zur Qualität von Informationen und zur Anwendung der doppelten Wesentlichkeit) und den Entwurf einer Zielstruktur der künftigen Standards (branchenunabhängige Informationen auf der ersten Ebene, branchenspezifische Informationen auf der zweiten Ebene, unternehmensspezifische Informationen auf der dritten Ebene). Im April 2022 wurden, aufbauend auf den Working Papers der Project Task Force: Europäische Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (PTF-ESRS, vormals PTF-NFRS) der EFRAG, Exposure Drafts zu

4 Vgl. Europäische Kommission, Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2013/34/EU, 2004/109/EG und 2006/43/EG und der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen, 2021/0104(COD), COM(2021)0189, Stand: 21.04.2021, abrufbar unter: abrufbar unter: <https://fmos.link/17607>.

5 Vgl. Europäischer Rat, Richtlinie zur Änderung der Richtlinien 2013/34/EU, 2004/109/EG und 2006/43/EG und der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen – Allgemeine Ausrichtung, 2021/0104(COD), 6292/22, Stand: 18.02.2022, abrufbar unter: <https://fmos.link/16015>.

6 Vgl. Europäisches Parlament, Bericht über den Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2013/34/EU, 2004/109/EG und 2006/43/EG und der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen, A9-0059/2022, Stand: 22.03.2022, abrufbar unter: <https://fmos.link/17967>.

7 Vgl. Europäisches Parlament/Europäischer Rat, Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2013/34/EU, 2004/109/EG und 2006/43/EG und der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung, 2021/0104 (COD), 10835/22, Stand: 30.06.2022, abrufbar unter: <https://fmos.link/17606>.

8 Vgl. Sopp/Baumüller, Auf dem Weg zu europäischen Standards für die nichtfinanzielle Berichterstattung? – Teil 1: Projektendbericht des European Corporate Reporting Lab @ EFRAG – in: Nr. 6/2021, S. 254 ff.

den europäischen Standards veröffentlicht<sup>9</sup> – zwei Cross-cutting-Standards (ESRS 1 und 2), fünf Environment-Standards (ESRS E1-5), vier Social-Standards (ESRS S1-4) und zwei Governance-Standards (ESRS G1-2).<sup>10</sup>

Die **IFRS-Foundation** hat im März 2021 ihr geplantes strategisches Vorgehen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung verkündet und dabei vier wesentliche Stoßrichtungen identifiziert, die weltweit Zustimmung fanden: Fokus auf den Unternehmenswert aus Sicht von Investoren und Gläubigern, Priorität klimabezogener Belange, Aufbau auf bestehenden Rahmenwerken, Baukastenansatz. Auf der UN-Klimakonferenz in Glasgow wurde im November 2021 das International Sustainability Standards Board (ISSB) mit Sitz in Frankfurt am Main gegründet, das organisatorisch gleichrangig zum International Accounting Standards Board (IASB) tätig ist und die Aufgabe hat, die IFRS Sustainability Disclosure Standards (IFRS SDS) zu entwickeln und zu verabschieden. Aufbauend auf den Vorarbeiten der Technical Readiness Working Group (TRWG)<sup>11</sup> der IFRS-Foundation hat das ISSB im März 2022 zwei Entwürfe veröffentlicht: ED IFRS S1 „General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information“<sup>12</sup> und ED IFRS S2 „Climate-related Disclosures“<sup>13</sup>. Aus ED IFRS S1 folgt, dass Informationen über die wesentlichen nachhaltigkeitsbezogenen Risiken und Chancen des berichtenden Unternehmens bereitzustellen sind, die den primären Nutzern der allgemeinen Finanzberichterstattung bei der Entscheidung über die Bereitstellung von Ressourcen für das Unternehmen nützen. Der Begriff Wesentlichkeit wird dabei in Anlehnung an das IFRS-Rahmenkonzept definiert. Daraus wird deutlich, dass das ISSB die nachhaltigkeitsbezogenen Informationen als Ergänzung zum IFRS-Abschluss sieht und nicht als eigenständigen Bericht mit separaten Adressaten und Zielen.<sup>14</sup> Gemäß ED IFRS S2 müssen die Unternehmen Informationen bezüglich signifikanter klimabbezogener Risiken und Chancen, denen sie ausgesetzt sind, veröffentlichen, wiederum um es den Adressaten der allgemeinen Finanzberichterstattung zu ermöglichen, den Einfluss dieser Risiken und Chancen auf den Unternehmenswert zu beurteilen.<sup>15</sup> Da der diesen Entwürfen zugrunde liegende Climate Prototype der TRWG auf den Empfehlungen der Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) sowie dem Prototypen, der von

9 Vgl. Müller/Warnke, Entwürfe der allgemeinen Regelungen der Europäischen Nachhaltigkeitsstandards (E-ESRS 1 und 2), in: IRZ, Nr. 6/2022, S. 283 ff.; Scheid/Baumüller, Die Entwürfe zu europäischen Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung vom April 2022 (E-ESRS E2-E5), in: PiR, 6/2022, S. 166 ff.; Scheid/Baumüller, Die Entwürfe zu europäischen Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung vom April 2022 (E-ESRS S1-S4, G1-G2), in: PiR, Nr. 7-8/2022, S. 205 ff.; Stawinoga, Der Ausweis nachhaltigkeitsrelevanter Angaben im Lagebericht, in: KoR, Nr. 7-8/2022, S. 300 ff.

10 Abrufbar unter: <https://efrag.org/lab3#subtitle6>.

11 Teilnehmer der TRWG sind: Climate Disclosure Standards Board (CDSB), Financial Stability Board's Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD), International Accounting Standards Board (IASB), Value Reporting Foundation (VRF), World Economic Forum; Beobachter sind: International Organization of Securities Commissions (IOSCO) und International Public Sector Accounting Standards Board (IPSASB).

12 Abrufbar unter: <https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/project/general-sustainability-related-disclosures/exposure-draft-ifrs-s1-general-requirements-for-disclosure-of-sustainability-related-financial-information.pdf>.

13 Abrufbar unter: <https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/project/climate-related-disclosures/issb-exposure-draft-2022-2-climate-related-disclosures.pdf>.

14 Vgl. Sellhorn/Wagner, Das International Sustainability Standards Board und globale Standards für Nachhaltigkeitsberichterstattung, in: Der Betrieb (DB), Nr. 1-2/2022, S. 3 f.

15 Vgl. Warnke/Reinke/Müller, ISSB veröffentlicht Entwurf zu klimabbezogenen Angaben, in: PiR, Nr. 7-8/2022, S. 199 ff.

fünf international bedeutenden Rahmenkonzept- und standardsetzenden Institutionen<sup>16</sup> herausgegeben wurde, aufbaut und die detaillierten Angaben für einzelne Branchen aus den Standards des Sustainability Accounting Standards Board (SASB) abgeleitet sind, ist eine breite Anerkennung dieser Standards zu erwarten.

Neben den bereits erläuterten Projekten der EU und des ISSB gibt es zahlreiche weitere Initiativen bestehender Standardsetzer zur Nachhaltigkeitsberichterstattung.<sup>17</sup> Zu nennen sind u.a.: Global Reporting Initiative (GRI), Deutscher Nachhaltigkeitskodex, Carbon Disclosure Project (CDP), Climate Disclosure Standards Board (CDSB), International Integrated Reporting Council (IIRC) und Sustainability Accounting Standards Board (SASB).<sup>18</sup> International gebräuchlich ist die Anwendung der GRI-Standards. Diese beziehen sich nicht auf eine bestimmte Zielgruppe, sondern wollen die Bedürfnisse aller Stakeholder berücksichtigen. Sie umfassen universelle Standards (Berichterstattungsgrundsätze, Informationen zur Handhabung des Management Approach) und themenspezifische Standards (ökonomische Kriterien, Umweltaspekte und gesellschaftliche Aspekte).<sup>19</sup> Die GRI stellt Überleitungsrechnungen von den GRI-Standards zu den Berichtserfordernissen nach CSR-Richtlinie zur Verfügung.

Ein neues Konzept stellt die **Naturkapitalbilanzierung** dar.<sup>20</sup> Vorschläge hierzu wurden von der Capital Coalition in dem im April 2020 herausgegebenen Leitfaden „Improving Nature's Visibility in Financial Accounting“ gemacht. Die EU-Kommission kooperiert mit der Capital Coalition, um dieses Konzept zu forcieren. Auch die Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD), die Mitte 2021 gegründet wurde, strebt eine umfassendere Abbildung von Naturkapitalien an.

## Aktuelle Regelungen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung für deutsche Unternehmen

Mit dem „Gesetz zur Stärkung der nichtfinanziellen Berichterstattung der Unternehmen in ihren Lage- und Konzernlageberichten“ (**CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz**)<sup>21</sup> wurden 2017 große kapitalmarktorientierte Kapitalgesellschaften mit im Jahresdurchschnitt mehr als 500 Mitarbeitern zur Erstellung einer sog. „Nichtfinanziellen Erklärung“<sup>22</sup> verpflichtet (vgl. § 289 b HGB). In der Erklärung sind das Geschäftsmodell der Kapitalgesellschaft kurz zu beschreiben und bezüglich der Aspekte Umwelt-, Sozial- und Arbeitnehmerbelange, Achtung der Menschenrechte und Bekämpfung von Korruption und Bestechung Angaben zu machen, die für das Verständnis des Geschäftsverlaufs, des Geschäftser-

16 Bestehend aus: Carbon Disclosure Project (CDP), Climate Disclosure Standards Board (CDSB), Global Reporting Initiative (GRI), International Integrated Reporting Council (IIRC) und Sustainability Accounting Standards Board (SASB).

17 Vgl. Sopp/Baumüller/Scheid, Der europäische Weg zur Standardisierung der Nachhaltigkeitsberichterstattung, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (BFuP), Nr. 1/2022, S. 34 ff.

18 Vgl. Sopp/Baumüller/Scheid, Die nichtfinanzielle Berichterstattung – Berichtspflichten und -inhalte, Herne 2021 (Neuausgabe in Vorbereitung), S. 182 ff. und S. 192 f.

19 Abrufbar unter: <https://www.globalreporting.org/standards>.

20 Vgl. Sopp/Baumüller/Scheid, Der europäische Weg zur Standardisierung der Nachhaltigkeitsberichterstattung, in: BFuP, Nr. 1/2022, S. 36.

21 Mit dem Gesetz wurden die Änderungen der Bilanz-Richtlinie (2013/34/EU) durch die CSR-Richtlinie (2014/95/EU) in nationales Recht umgesetzt und das HGB entsprechend geändert.

22 Die Begriffe „Nichtfinanzielle Erklärung“ und „Nachhaltigkeitsbericht“ werden in der Literatur oftmals synonym verwendet, auch wenn sie nicht zwangsläufig identisch sind. Im neuen Entwurf der Richtlinie wird der Begriff Nachhaltigkeitsbericht verwendet, früher der Begriff Nichtfinanzielle Erklärung.

gebnisses, der Lage der Gesellschaft sowie der Auswirkungen ihrer Tätigkeit erforderlich sind (vgl. § 289 c HGB). Dabei können sie nationale, europäische oder internationale Rahmenwerke anwenden. Aufgrund der noch geringen Normierung besteht aktuell ein großer Gestaltungsspielraum. Unabhängig von diesen Regelungen müssen alle großen Kapitalgesellschaften in ihrer Analyse des Geschäftsverlaufs auch Informationen über Umwelt- und Arbeitnehmerbelange aufnehmen (vgl. § 289 Abs. 3 HGB). Mit der aktuell als Entwurf vorliegenden Corporate Sustainability Reporting Directive werden die bestehenden Regelungen erweitert.<sup>23</sup>

Während im HGB geregelt ist, welche Angaben zu Nachhaltigkeitsaspekten die Unternehmen veröffentlichen müssen, werden im Rahmen der „**Sustainable Finance**“-Strategie der EU Nachhaltigkeitsziele für den Finanzsektor diskutiert, d.h. wie Umwelt-, soziale und Unternehmensführungsaspekte<sup>24</sup> in die Entscheidungen von Finanzakteuren einzubeziehen sind.<sup>25</sup> Die EU will damit mehr Kapital in nachhaltige Investitionen lenken, die finanzielle Risikobewältigung aufgrund von Klimawandel, Ressourcenknappheit, Umweltzerstörung und sozialen Problemen stärken und Transparenz und Langfristigkeit in der Finanz- und Wirtschaftswelt fördern.<sup>26</sup> Zur Erreichung dieser Ziele hat die EU im Dezember 2019 die **Verordnung über nachhaltige Offenlegungspflichten im Finanzdienstleistungssektor** (Offenlegungs-VO)<sup>27</sup> veröffentlicht. „Mit dieser Verordnung werden harmonisierte Vorschriften für Finanzmarktteilnehmer und Finanzberater über Transparenz bei der Einbeziehung von Nachhaltigkeitsrisiken und der Berücksichtigung nachteiliger Nachhaltigkeitsauswirkungen in ihren Prozessen und bei der Bereitstellung von Informationen über die Nachhaltigkeit von Finanzprodukten festgelegt.“ (Art. 1 Offenlegungs-VO).

Zur Schaffung eines einheitlichen Nachhaltigkeitsverständnisses wurde ein EU-Klassifikationssystem (Taxonomie) entwickelt, das in der im April 2020 veröffentlichten **Taxonomie-Verordnung** (Taxonomie-VO)<sup>28</sup> geregelt ist. Eine Wirtschaftstätigkeit gilt dann als „grün“ bzw. „nachhaltig“, wenn sie einen wesentlichen Beitrag zu mindestens einem der festgelegten Umweltziele leistet, kein anderes Ziel verletzt und bestimmte soziale Mindeststandards einhält (vgl. Art. 3). Formuliert werden dabei sechs Umweltziele: Klimaschutz (Art. 9 a), Anpassung an den Klimawandel (Art. 9 b), nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen (Art. 9 c), Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft (Art. 9 d), Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (Art. 9 e), Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme (Art. 9 f). Zudem regelt die Taxonomie-VO Angabepflichten für Nichtfinanzielle Erklärungen. Erläutert werden muss, wie und in welchem Umfang die Tätigkeiten des Unter-

23 Die Inhalte der CSRD werden im Kapitel „Zukünftige Regelungen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung für deutsche Unternehmen“ dargestellt.

24 Ausgehend von den englischen Begriffen „Environment, Social and Governance“ wird auch kurz von ESG-Kriterien gesprochen.

25 Vgl. Bopp/Weber, Sustainable Finance: Konzepte für eine nachhaltige Finanzwirtschaft, in: Die Wirtschaftsprüfung (WPg), Nr. 15/2020, S. 899 ff.; Scheid/Needham, Sustainable Finance: Überblick über die Gesetzesinitiativen und deren Auswirkungen auf die Unternehmensberichterstattung, in: IRZ, Nr. 1/2021, S. 35 ff.

26 Vgl. Europäische Kommission, Aktionsplan: Finanzierung nachhaltigen Wachstums, COM(2018)97 final, S. 3, abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0097&from=DE>.

27 Abrufbar unter: <https://fmos.link/11384>.

28 Vgl. EU, Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088, abrufbar unter: <https://fmos.link/17969>.

nehmens mit Wirtschaftstätigkeiten verbunden sind, die als nachhaltig im Sinne der VO einzustufen sind. Dazu sind ausgewählte Leistungsindikatoren sowie ergänzende qualitative Angaben zu veröffentlichen, wobei zwischen Nicht-Finanzunternehmen und Finanzunternehmen differenziert wird (vgl. Art. 8).<sup>29</sup> Für die Erstanwendung bestehen Übergangsvorschriften (vgl. Art. 10). So müssen z.B. Nicht-Finanzunternehmen bis zum 31.12.2022 als Leistungsindikatoren nur den Anteil der taxonomiefähigen und nicht-taxonomiefähigen Wirtschaftstätigkeiten an ihren Umsatzerlösen, Investitionsausgaben (CapEx) und Betriebsausgaben (OpEx) offenlegen.<sup>30</sup>

Die Taxonomie-VO ist als Rahmengesetzgebung konzipiert, d.h. die genauere Spezifikation erfolgt in delegierten Rechtsakten. 2021 wurden für die ersten beiden Unterziele (Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel) technische Bewertungskriterien zur inhaltlichen Umsetzung der Taxonomie-VO veröffentlicht (**Climate Delegation Act**)<sup>31</sup> sowie eine Konkretisierung der Vorgaben für die formale Berichterstattung (**Disclosure Delegated Act**)<sup>32</sup>. Die Vorschriften zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel sind ab 1.1.2022 umzusetzen, die (noch nicht vorliegenden) Vorschriften zu dem übrigen Umweltzielen ab 1.1.2023. Am 9.3.2022 wurden beide Verordnungen in Bezug auf Wirtschaftstätigkeiten in bestimmten Energiesektoren aktualisiert.<sup>33</sup>

## Zukünftige Regelungen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung für deutsche Unternehmen

Ausgangspunkt der zukünftigen Nachhaltigkeitsberichterstattung ist der Entwurf der **Corporate Sustainability Reporting Directive** (CSRD), der inzwischen auf EU-Ebene finalisiert wurde und mit dessen Verabschiedung noch in diesem Jahr zu rechnen ist. Die Richtlinie soll 20 Tage nach ihrer Veröffentlichung in Kraft treten und dann innerhalb von 18 Monaten in nationales Recht übernommen werden. Es ist eine gestaffelte Erstanwendung vorgesehen: ab dem 1.1.2024 für Unternehmen, die bereits der Richtlinie über die nichtfinanzielle Berichterstattung (NFRD) unterliegen (kapitalmarktorientierte Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern); ab dem 1.1.2025 für große Unternehmen, die derzeit nicht unter die Richtlinie über die nichtfinanzielle Berichterstattung fallen, und ab dem 1.1.2026 für börsennotierte kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), kleine und nicht-komplexe Kreditinstitute und firmeneigene Versicherungsunternehmen.

Die CSRD baut auf den gegenwärtig gültigen Vorgaben der CSR-Richtlinie auf und erweitert diese. Vorgesehen sind eine Erweiterung des Anwendungsbereichs der verpflichtenden Nachhaltigkeitsberichterstattung, eine Erweiterung und Konkre-

29 Vgl. Baumüller/Haring/Merl, Erstanwendung der Berichtspflichten gem. Taxonomie-VO: Überblick und Handlungsempfehlungen, in: IRZ, Nr. 2/2022, S. 79 ff.; Lorson/Metz/Simon, Berichterstattung nach Art. 8 der EU-Taxonomie-Verordnung, in: KoR, Nr. 4/2022, S. 180 ff. (Teil 1) und Nr. 5/2022, S. 220 ff. (Teil 2); Rohatschek/Schönhart/Sigl, Nachhaltigkeitsberichterstattung – Roadmap durch die Regulatoren für Nicht-Finanzunternehmen, in: IRZ, Nr. 4/2022, S. 185.

30 Vgl. Großkopf/Sellhorn/Wagner, Erstanwendung der EU-Taxonomie – Eine empirische Analyse deutscher Unternehmen, in: KoR, Nr. 6/2022, S. 251 ff.

31 Abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139&from=DE>. Am 9.3.2022 wurde eine Aktualisierung in Bezug auf Wirtschaftstätigkeiten in bestimmten Energiesektoren vorgenommen; abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1214&from=DE>.

32 Abrufbar unter: [https://ec.europa.eu/finance/docs/level-2-measures/taxonomy-regulation-delegated-act-2021-4987\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/finance/docs/level-2-measures/taxonomy-regulation-delegated-act-2021-4987_en.pdf).

33 Abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2022:188:FULL&from=DE>.

tisierung der Inhalte sowie die Einführung der Prüfungspflicht und die Veröffentlichung in einem einheitlichen elektronischen Berichtsformat. Die Nachhaltigkeitsberichterstattung darf nur noch in einem klar ausgewiesenen Abschnitt des Lageberichts vorgenommen werden.

Aktuell sind große kapitalmarktorientierte Unternehmen und Konzerne mit durchschnittlich mehr als 500 Mitarbeitern (große Kreditinstitute und Versicherungsunternehmen unabhängig von Kapitalmarktorientierung) verpflichtet, eine Nichtfinanzielle Erklärung zu erstellen. Künftig wird der Anwenderkreis auf große nicht-kapitalmarktorientierte Unternehmen und ihnen über § 264 a HGB gleichgestellte Personenhandelsgesellschaften sowie kapitalmarktorientierte KMU ausgedehnt. Die Grenze von durchschnittlich 500 Mitarbeitern wird durch die Größenkriterien der Bilanz-Richtlinie ersetzt.<sup>34</sup> Zudem gelten die Regelungen für Nicht-EU-Unternehmen, wenn sie in der EU gelistet sind, sowie für Nicht-EU-Unternehmen, wenn sie in der EU einen Nettoumsatz von mehr als 150 Mio. € erzielen und mindestens ein Tochterunternehmen oder eine Niederlassung in der EU haben.

Grundlage zur Bestimmung der offenzulegenden Informationen ist das Prinzip der doppelten Wesentlichkeit. Offenzulegende Informationen sind jene, die für das Verständnis der nachhaltigkeitsrelevanten Auswirkungen der Tätigkeiten des Unternehmens sowie für das Verständnis der Auswirkungen von Nachhaltigkeitsaspekten auf Geschäftsverlauf, Geschäftsergebnis und Lage des Unternehmens erforderlich sind. Damit vertritt die EU eine Inside-out- und Outside-in-Perspektive. Dies soll eine Integration der Pflichten zur Nachhaltigkeitsberichterstattung in den Rahmen der europäischen Sustainable-Finance-Initiative ermöglichen. Das ISSB verfolgt dagegen eine einfache Wesentlichkeit i.S. eines finanziellen Wesentlichkeitskonzepts. Bereitzustellen sind danach nur nachhaltigkeitsbezogene Risiken und Chancen des berichtenden Unternehmens, die den primären Nutzern der allgemeinen Finanzberichterstattung bei der Entscheidung über die Bereitstellung von Ressourcen für das Unternehmen nützen, nicht dagegen Auswirkungen der Tätigkeiten des Unternehmens auf die Umwelt.

Die konkret zu berichtenden Informationen sind in Art. 19 a CSRD geregelt. Sie umfassen gemäß Abs. 2 u.a. Beschreibungen des Geschäftsmodells und der Strategie des Unternehmens (einschließlich verschiedener Angaben im Hinblick auf Nachhaltigkeitsaspekte), der Nachhaltigkeitsziele, der Rolle der Verwaltungs-, Leitungs- und Aufsichtsorgane im Zusammenhang mit Nachhaltigkeitsaspekten, der Nachhaltigkeitspolitik des Unternehmens, der wichtigsten Risiken, denen das Unternehmen im Zusammenhang mit Nachhaltigkeitsaspekten ausgesetzt ist (einschließlich der Angabe von Leistungsindikatoren). Es wird sich zukünftig zeigen, ob diese Angaben geeignet sind, auch die Einordnung der Wirtschaftsaktivitäten eines Unternehmens im Sinne der Taxonomie-VO zu unterstützen.

Um eine Standardisierung zu erreichen, ist in Art. 29 b Abs. 1 CSRD festgelegt, dass die EU delegierte Rechtsakte zu erlassen hat, welche verbindlich anzuwendende Standards beinhalten, die von den Unternehmen zur Erfüllung der Berichtspflichten nach Art. 19 a anzuwenden sind. Für den Erlass dieser delegierten Rechtsakte ist ein enger Zeitplan vorgesehen: bis 30.6.2023 Standards, in denen festgelegt wird, welche Informationen i.S.v. Art. 19 a

bzw. 20 a zu melden sind (Kernstandards),<sup>35</sup> und bis 30.6.2024 Standards, in denen evtl. benötigte ergänzende und sektorspezifische Informationen festgelegt werden. Die Standards werden von der European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG) ausgearbeitet und müssen danach ein Endorsement-Verfahren<sup>36</sup> durchlaufen, um Gültigkeit zu erlangen. Die Kernstandards liegen inzwischen im Entwurf vor, mit einer Kommentierungsfrist bis zum 8.8.2022. Art. 29 b Abs. 2 CSRD enthält Ergänzungen zur inhaltlichen Ausgestaltung der von der EFRAG zu entwickelnden Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung, u.a. dass die Berichterstattung in verständlicher, relevanter, repräsentativer, überprüfbarer, vergleichbarer sowie letztlich in wahrheitsgetreuer Weise zu erfolgen hat und dass die Nachhaltigkeitsthemen Umwelt-, Sozial- und Governance-Faktoren zu präzisieren sind.

## Ausblick

Bei der Analyse der verschiedenen Initiativen zur Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsberichterstattung sind zwei Tendenzen zu erkennen. Erstens haben viele Initiativen, wie z. B. diejenige des ISSB, eine verbesserte Konnektivität zwischen der Nachhaltigkeits- und der Finanzberichterstattung zum Ziel. Zu berichten sind jeweils Informationen, die für einen Investor relevant sind (Outside-in-Perspektive). Die EU greift dagegen mit ihrer doppelten Wesentlichkeit (Outside-in- und Inside-out-Perspektive) Forderungen auf, die vonseiten verschiedener Stakeholder der (potentiell) berichtspflichtigen Unternehmen erhoben wurden. Zweitens werden oftmals klimabezogene Aspekte in den Vordergrund gestellt, so auch in dem von CDP, CDSB, GRI, IIRC und SASB vorgelegten „Prototype-Standard für Climate-related Financial Disclosures“, im Climate Prototype der TRWG oder im ED IFRS S2 des ISSB. Die EU verfolgt dagegen, wie die GRI, einen umfassenderen Ansatz. Hiernach sind zusätzlich Angaben zu Sozial- und Governance-Aspekten sowie im Bereich der Umwelt u. a. auch Angaben zur Kreislaufwirtschaft oder Biodiversität erforderlich.

Es bleibt abzuwarten, ob sich die EU mit ihrem umfassenden Verständnis der Inhalte eines Nachhaltigkeitsberichts durchsetzen kann oder ob zukünftig eine Annäherung an das international übliche Verständnis erfolgen wird. Dabei dürfte auch relevant sein, wie streng die EU bei der Gleichwertigkeitsprüfung für Standards, die Unternehmen aus Drittstaaten verwenden, vorgeht. Sollte die EU ganze Standards anerkennen, dürfte es ihr schwerfallen, europäischen Unternehmen zu begründen, warum diese ihre bisherigen Berichtspflichten auf Basis dieser Standards ändern sollen. Bei einer strengen Auslegung könnten sich Nachteile für den europäischen Kapitalmarkt ergeben. Durch die Verwendung EU-weiter Standards dürfte sich die Vollständigkeit, Vergleichbarkeit und Verlässlichkeit der berichteten Informationen, zumindest auf EU-Ebene, verbessern. Voraussetzung ist jedoch, dass die z. T. noch zu entwickelnden Standards den hohen Anforderungen dieses neuen und konzeptionell anspruchsvollen Berichtssystems gerecht werden. Zudem müssen die berichtspflichtigen Unternehmen in der Lage sein, die umfassenden Berichtspflichten zu erfüllen. Die nächsten Monate bleiben spannend – einerseits für die Unternehmen, die die Regeln umsetzen müssen, andererseits für die Wissenschaft, die die Entwicklung konstruktiv begleiten sollte.

<sup>35</sup> Hierbei müssen zumindest die Informationen spezifiziert werden, die den Bedürfnissen der Finanzmarktteilnehmer, die der Offenlegungs-VO (EU/2019/2088) unterliegen, Rechnung tragen.

<sup>36</sup> Zur Rechtsverbindlichkeit der von der EFRAG (als privates Gremium) herausgegebenen ESRS in der EU ist ihre Anerkennung („endorsement“) durch die Europäische Kommission erforderlich.

34 Danach gelten Unternehmen als groß, die mindestens zwei der drei genannten Merkmale überschreiten: 20 Mio. € Bilanzsumme, 40 Mio. € Umsatzerlöse und im Jahresdurchschnitt 250 Arbeitnehmer.

# Entwicklung und Bereitstellung innovativer Lastenpedelecs

## als Beitrag zur Verkehrswende in Deutschland

### Das Projekt SteigtUM an der TU Bergakademie Freiberg

Thomas Schumann

#### Einführung – Energiewende, Verkehrswende, Radwende

Das Mobilitätsverhalten in Deutschland ändert sich<sup>1</sup>, bedingt durch technologische und wirtschaftliche Entwicklungen und nicht zuletzt umweltpolitische Anstrengungen. Im Kontext der übergeordneten Energiewende zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes heißt dies auch eine Verkehrswende einzuleiten. Verbrennungsmotoren sollen zu Gunsten umweltfreundlicher Antriebskonzepte abgelöst werden. Ein weiterer Aspekt ist auch die Einsparung von Ressourcen bzw. Aufwand bei der Nutzung von Verkehrsmitteln. Dies spricht für den Sharingbetrieb von Fahrzeugen, aber auch für eine „Radwende“ als Teil einer ganzheitlichen Verkehrswende. Im Grunde geht es künftig darum, einen möglichst breiten Zugriff auf umweltschonende Verkehrsmittel zu ermöglichen. Speziell der fahrradbasierten Mobilität kann dabei in Deutschland ein enormes Potenzial unterstellt werden. Dies ergibt sich allein schon im Vergleich zu sehr fahrradkulturell geprägten Ländern in Europa wie z. B. die Niederlande und Dänemark, aber auch z. B. Finnland und Ungarn.<sup>2</sup> In Städten wie Amsterdam oder Utrecht erreicht dabei der Anteil des Fahrrads am Verkehr schon Werte von 32 % bzw. rund 48 %. Vergleichbare Werte sind in Deutschland nur ganz vereinzelt in Städten wie Münster, Oldenburg oder Freiburg zu finden.<sup>3</sup> Insgesamt hat Deutschland hier somit sowohl ein Nachholpotenzial als auch zugleich die Möglichkeit, dank der technologischen Entwicklungen im Zweiradbereich einen gewissen *Latecomer-Advantage* zu nutzen.<sup>4</sup> Dadurch könnte ein signifikanter Sprung in der Verbreitung dieses umweltfreundlichen Verkehrsmittels gemacht werden.

Ein wesentlicher Treiber liegt hier in der Kombination die Elektrifizierung der Fahrräder mit einer wachsenden Akzeptanz des Radfahrens in allen Bevölkerungsschichten (Bewusstseinswandel) und nicht zuletzt auch einem beginnenden Umdenken in der Stadt- und Siedlungsplanung zu Gunsten einer radfahrfreundlichen und insbesondere die Sicherheit beim Fahren unterstützenden Infrastruktur. Die Elektrifizierung erhöht dabei nicht nur die Reichweite sondern ermöglicht auch das leichtere Transportieren von Lasten. Speziell moderne Lastenpedelecs erlauben nun die problemlose Beförderung von Einkäufen aber auch von Kleinkindern, sodass Bürgern viele Argumente geliefert werden, den Pkw dafür nicht mehr einsetzen zu müssen. Ergänzt wird diese Entwicklung durch ein hinzukommendes breites Spektrum an Mikromobilen wie z. B. E-Roller. Zugleich ma-

chen es Mobiltelefonapp-basierte Verleihsysteme leicht möglich, die Fahrzeuge über einen Sharingbetrieb interessierten Nutzern bedarfsgerecht für einen bestimmten Zeitraum zur Verfügung zu stellen.

An dieser Stelle setzt das im Jahr 2019 begonnene Verbundprojekt „SteigtUM“ unter Federführung der TU Bergakademie Freiberg (im Weiteren kurz TUBAF) und in Kooperation mit weiteren Partnern aus dem Bereich Wissenschaft, Forschung und Anwendungsentwicklung an.<sup>5</sup> Das besondere Augenmerk bei den innerhalb des Projekts zu entwickelnden fahrzeug- und informationstechnischen Lösungen lag dabei in einem Beitrag zu:

- der Ergänzung bestehender Lastenradtopologieformen um eine Ausführung mit doppelter Lenkgabel; diese verspricht Vorteile bei der Fahrsicherheit und dem Handlungsempfinden,
- der Möglichkeit, ein Lastenrad auch wenige Meter autonom bewegen zu können, um innerhalb eines Sharingsystems dieses selbst für den Nutzer komfortabel sicher einz- und ausparken zu können,
- ein Mobiltelefonapp-basiertes Sharingsystem zu entwickeln, das es einer Nutzercommunity zusätzlich auch möglich macht, das Lastenrad für z. B. nachbarschaftshilfeähnliche Dienste nutzen zu können und das zudem auch den intermodalen Verkehr unterstützt, indem es mit dem IT-System des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) verknüpft wird.

Zum Zeitpunkt des Entstehens dieses hier vorliegenden Artikels kam neben der schon angesprochenen, bereits erreichten Elektrifizierung im Fahrradbereich und dem sich entfaltenden Bewusstseinswandel bezüglich umweltgerechter Mobilität ein weiteres transformatives Momentum in gewisser Hinsicht schockartig hinzu: im Zuge des im Frühjahr begonnenen Kriegs in der Ukraine entwickelte sich eine Gas- bzw. Energiekrise, die sich deutlich in gestiegenen Kosten für die Verbraucher niederschlägt. Das Fahrrad mit oder ohne Elektrifizierung bietet hier die Möglichkeit Kosten zu sparen.<sup>6</sup> Sollte in Zukunft der im Zuge einer preispolitischen Kompressionsmaßnahme zunächst zeitlich begrenzt außerordentlich günstige Preis für die Nutzung des ÖPNV-Nahverkehrs (9-Euro-Ticket) z. B. mittels einer dauerhaften Anschlussregelung für einen stark vergünstigten bundesweiten Nahverkehr weiterhin sehr niedrig bleiben, könnte dies noch einen zu-

1 Vgl. hierzu im Überblick KfW Research (2022) und Greenpeace (2017a) sowie Greenpeace (2017b), Agora Verkehrswende (2017) und Umweltbundesamt (2020) für eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex der Verkehrswende.

2 Vgl. DLF Nova (2022) und Ebert (2010).

3 Vgl. DLF (2022). Köln und Berlin kommen auf einen Radverkehrsanteil von ca. 18 %. Der Anteil des Rades an der Gesamtverkehrsleistung beträgt in den Niederlanden 8,3 % und in Deutschland nur 3,5 %.

4 Vgl. Gerschenkron (1962) zum Latecomer-Advantage-Ansatz.

5 Vgl. hierzu [www.steigtum.de](http://www.steigtum.de) sowie BMBF (2022a).

6 Ein weiterer besonderer Faktor, der die Radnutzung insbesondere in urbanen Regionen neuerlich gesteigert hat, ist die in 2020 begonnene Corona-Pandemie. Durch diese wurden ÖPNV-Nutzer angeregt, mehr Rad zu fahren, um Infektionsrisiken zu entgehen. Vgl. dazu DLF (2022).

#### Kontakt

Thomas.Schumann@et.tu-freiberg.de

sätzlichen Impuls liefern, die Radnutzung durch Mitnahme von Fahrrädern im ÖPNV bzw. die Kombination beider Verkehrsmittel an sich signifikant zu steigern. So weist z. B. eine unmittelbar an der TUBAF unter der Federführung des Umweltbeauftragten der Hochschule im Frühjahr 2022 durchgeführte Befragung unter EinpendlerInnen darauf hin, dass in einer intensiveren Nutzung des örtlichen ÖPNV auch in Kombination mit der Radnutzung ein deutliches Steigerungspotenzial im Hinblick auf einen Wechsel vom Pkw als Transportmittel hin zu umweltfreundlicheren Verkehrsmitteln ganz konkret am Hochschulstandort Freiberg besteht.<sup>7</sup>

### Das BMBF-Verbundprojekt SteigtUM – Forschen und Entwickeln im Reallabor

Mit dem vom Bundesministerium für Forschung (BMBF) im Programm »Individuelle und adaptive Technologien für eine vernetzte Mobilität«<sup>8</sup> im Umfang von rund fünf Millionen Euro geförderten Verbundprojekt SteigtUM soll gemäß Ausgangszielstellung die Universitätsstadt Freiberg zum Reallabor für ein hoch innovatives und zugleich umweltfreundliches Verkehrssystem werden. Dabei etablieren Partner aus Wissenschaft, Wohnungswirtschaft und Verwaltung ein Verleihsystem elektrischer Lastenfahrräder für private und gewerbliche Fahrten in der Stadt. Konkret arbeiten hier von der wissenschaftlichen Seite die Technischen Universitäten Freiberg, Chemnitz und Braunschweig und das Fraunhofer Institut für Verkehrssystemtechnik IVI Dresden zusammen. Die wohnungswirtschaftliche Seite wird von dem Unternehmen Städtische Wohnungsgesellschaft Freiberg (SWG) vertreten, von Seiten der Verwaltung ist das Citymanagement der Universitätsstadt Freiberg eingebunden. Auf Seiten des ÖPNV ist der Verkehrsverbund Mittelsachsen beteiligt. Abgerundet wird das Konsortium von zwei Unternehmenspartnern aus dem Bereich der Anwendungsentwicklung von IT-Infrastrukturen (apromace GmbH Freiberg / Backend-Betrieb) und der Entwicklung von Mobiltelefonapps (Projektionisten GmbH Hannover / spezialisiert u. a. auf Verkehrsanwendungen).

Für die konkrete Realisation arbeiten bei den beteiligten wissenschaftlichen Partnern unter der Federführung der TUBAF Forschende ganz unterschiedlicher Fachrichtungen eng in dem Verbundprojekt zusammen. Im unmittelbar an der TUBAF realisierten SteigtUM-Teilprojekt MiNuLa<sup>9</sup> konzipieren Mitarbeiter des Lehrstuhls für Maschinenelemente ein leichtes Lastenpedelec (bezeichnet als sog. CityPed®<sup>10</sup>), das gut an Freibergs Topographie und Straßenverhältnisse angepasst ist und sich nutzerfreundlich durch den Alltag bewegen lässt (vgl. nachstehende Fotoabbildung). Am Lehrstuhl für Elektrotechnik wird eine für den Nutzer unkomplizierte autonome Verleih- und Ladeinfrastruktur entwickelt. Diese besteht im Kern aus einem induktiven Energieübertragungs-



Das im Rahmen des Teilprojekts MiNuLa entwickelte CityPed®

Foto: TU Bergakademie Freiberg

system für das kontaktlose Laden an drei Verleihstationen im Stadtgebiet Freiberg (bezeichnet als sog. CityBoxen / vgl. auch nachfolgende tabellarische Übersicht). Eine nutzerfreundliche App für das Verleihsystem und das insgesamt erforderliche Datenmanagementsystem steuert der Lehrstuhl für Betriebssysteme und Kommunikationstechnologie / Professor für Ubiquitous Computing and Smart Systems am Institut für Informatik gemeinsam mit der apromace data systems GmbH aus Freiberg bei.

Maßgeblich unterstützt wird das Reallabor durch verschiedene Nutzerbefragungen durch Mitarbeiter des Instituts für Psychologie der TU Chemnitz sowie durch die Auseinandersetzung mit einschlägigen Rechtsfragen durch Forschende der TU Braunschweig. Die weiteren Projektpartner Fraunhofer IVI und Projektionisten GmbH aus Hannover beschäftigen sich mit der ergänzenden Nutzung von gleichfalls elektrisch angetriebenen Lastenanhängern (sog. CityTrunk) in einem kleineren Reallabor mit gewerblichen Anwendern im Stadtgebiet Dresden bzw. der Verknüpfung des Verleihsystems mit dem Mobilitätsangebot des regionalen Verkehrsverbundes. Die Projektpartner der TUBAF bearbeiten dabei ihre Teilaufgaben in eigenständigen Teilprojekten unter dem Dach des BMBF-Verbundprojekts SteigtUM. Die nachfolgende Übersicht fasst die einzelnen drei Kernelemente der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten innerhalb des insgesamt als Reallabor ausgerichteten Verbundprojekts in Bezug auf die Arbeiten am Standort Freiberg zusammen.

### Erste Erkenntnisse aus dem Reallabor und öffentlichen Kontakt- und Informationsveranstaltungen

Das innovative CityPed als Kernetwicklungsleistung wurde im Zeitraum Frühjahr / Sommer 2022 nach erfolgter technischer Belastungsprüfung auf vier öffentlichen Informationsveranstaltungen sowie auf einer Messe präsentiert bzw. vorgeführt:

- Campustag der TU Bergakademie Freiberg am 14. Mai 2022,
- Bunter Campus der TU Bergakademie Freiberg am 18. Mai 2022,
- Fest anlässlich 100 Jahre Waldbad Freiberg am 4. Juni 2022,

7 Vgl. TUBAF (2022a).

8 Vgl. BMBF (2022b).

9 MiNuLa steht hier als Abkürzung für Mikromobile, Nutzerschnittstelle und Laden.

10 Die Bezeichnung CityPed wurde als geschützte Wortmarke eingetragen.

## Reallabor – Universitätsstadt Freiberg

Element I	Element II	Element III
<p>Stationsgebundener Sharing-Verleihbetrieb im Stadtgebiet mit drei Standorten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CityBox Mineralienhöfe</li> <li>• CityBox Audimax</li> <li>• CityBox Bahnhof</li> </ul>	<p>Unterstützung von Community-logistischen Aufgaben von StadtbewohnerInnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kostenlose Nachbarschaftshilfe</li> <li>• kleinere Auftragsfahrten mit Aufwandsentschädigung</li> </ul>	<p>Intermodaler Übergang vom Regionalverkehr in den Sharing-Verleihbetrieb der CityPeds:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IT-technische Verknüpfung der Nutzerinterfaces des Verkehrsverbundes Mittelsachsen mit der SteigtUM-App für den Sharing-Verleihbetrieb</li> <li>• leichte Buchung des Lastenpedelecs als Anschlussfahrt</li> </ul>

Teilelemente des Reallabors im BMBF-Verbundprojekt „SteigtUM“. Quelle: eigene Abbildung.

- Nacht der Wissenschaften an der TU Bergakademie am 18. Juni 2022,
- Internationale Messe Eurobike in Frankfurt Main vom 13.-17. Juli 2022.

Seit Anfang April 2022 befinden sich zwei CityPed-Lastenpedelecs in einer Fahrradgarage des Kooperationspartners Städtische Wohnungsgesellschaft Freiberg am Standort Mineralienhöfe im Freiberger Stadtquartier Friedeburg.<sup>11</sup> Sie werden dort in der ersten Ausleih- bzw. Verleihstation für die Benutzung im Sharingbetrieb für in den Gebrauch der Räder zuvor eingeführte MieterInnen der SWG vorgehalten. Dieser erste Sharingbetrieb mit außeruniversitären Nutzern läutete den Beginn der öffentlichen Reallaborphase ein. Diese zeichnet sich konzeptionell dadurch aus, dass eine Interaktion zwischen der Forschung und Entwicklung (FuE) und praktischen Nutzern stattfindet und daraus sich auch Schlussfolgerungen für die Komplettierung der FuE-Arbeiten ergeben sollen. Es beinhaltet auch den Ansatz einer sog. *User-driven* Innovation mit dem Ziel, durch Nutzerfeedback Verbesserungen bzw. Verfeinerung im Hinblick auf die Anwenderfreundlichkeit der CityPeds bzw. des Verleihsystems insgesamt zu gewinnen. Auch können sich aus der Konfrontation mit den realen Einsatzanforderungen neue Hinweise auf zuvor nicht intendierte Anwendungen ergeben sowie auch weitere Kooperationen im Hinblick auf einen breiteren Einsatz der Räder entstehen (z. B. Aufbau weiterer Verleihstationen, Sonderanwendungen im Lastentransportbereich z. B. für die Feuerwehr bis hin zur Zusammenarbeit im Hinblick auf eine großzahligere Fertigung der CityPed-Lastenräder mit Fertigungsunternehmen).

Zum Zeitpunkt Spätsommer 2022 lassen sich so schon zahlreiche Rückmeldungen und Schlussfolgerungen konstatieren. Diese betreffen z. B. den Wunsch, die Räder auch für den Transport von Kleinkindern zu befähigen. Nachfrageseitig ergaben sich Hinweise auf etwaige Zahlungsbereitschaften im Falle eines Marktangebots der CityPed-Lastenräder. Im Hinblick auf mögliche zukünftige Kooperationen wird zum einen im Ergebnis der ersten Monate des teil-öffentlichen Betriebs der Bau einer weiteren (dann vierten) Verleihstation unmittelbar in der inneren Altstadt angestrebt (mit der Stadt Freiberg bzw. ihrer Gesellschaft SWG als Partner). Zum anderen ergab sich ein Kooperationsansatz mit dem sich zeitparallel an der TU Berg-

akademie Freiberg entwickelnden Programm zur Entwicklung eines Mobilitätsangebots für Studierende.<sup>12</sup> Dieses soll im ersten Schritt die zeitweise Überlassung von handelsüblichen Fahrrädern an Studenten beinhalten und in der Perspektive um weitere Fahrzeuge bzw. Bereitstellungsvarianten ergänzt werden. Insoweit dies z. B. auch Fahrzeuge für den zeitbeschränkten Verleih betreffen wird, bestünde hier die Möglichkeit, das innerhalb von SteigtUM entwickelte mobiltelefonapp-basierte Ausleihsystem um weitere Fahrzeugtypen wie z. B. E-Bikes bis hin zu vierrädrigen elektrischen Fahrzeugen für besondere Mobilitätsbedarfe im Zusammenhang mit dem Studium zu erweitern.

Das bis dato wichtigste technologiebezogene Feedback aus den stets auf hohes Interesse gestoßenen Informationsveranstaltungen und nicht zuletzt auch aus den ersten Verleihvorgängen im unmittelbaren Reallabor SWG-Fahrradgarage Mineralienhöfe war eine positive Einschätzung hinsichtlich des Handlings des entwickelten Lastenpedelecs. Das gewählte Konstruktionsprinzip der Doppelgabel erweist sich als sehr funktionell und deutet auf eine (psychologisch wichtige) Unterstützung eines sicheren Fahrgefühls der Nutzer hin.<sup>13</sup> Innerhalb der Forschungsarbeiten von SteigtUM wurde hierfür auch schon eine Patentanmeldung initiiert. Zudem widmet sich ein Promotionsvorhaben am Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung diesem konstruktiven Ansatz. Dieser verspricht ggf. auch Anwendungen im Bereich des Gesundheitswesens bzw. Reha-Bereichs, wo Räder benötigt werden, die sich sehr stabil bewegen lassen bzw. sich selbst stabilisieren.

Es sei noch ergänzt, dass selbst der wenngleich nur teilöffentliche Reallaborbetrieb – demnach die Bereitstellung bzw. der Verleih der CityPed-Lastenpedelecs – auch unerwartete bzw. negative Randerscheinungen haben kann. So wurden Fremdeingriffe an den CityPeds und der installierten Infrastruktur festgestellt, die nicht in allen Fällen »gutgemeint« waren. Zudem ergeben sich offenkundig aus dem speziellen Setting heraus technische Anforderungen, die so zuvor nicht ausreichend berücksichtigt worden sind. So zeigten sich z. B. Kommunikationsprobleme einzelner Komponenten durch eine offensichtlich ungünstige bauliche Konstellation (insbes. zeitweise mangelhafte Mobilfunk-Internetverbindung, Abbruch der WLAN-Kom-

12 Vgl. TUBAF (2022b).

13 Der Standort Mineralienhöfe ist durch eine wenngleich gemischte aber dennoch in der Tendenz in Richtung Senioren Altersstruktur geprägt. Die bis dato am Standort in die Nutzung des CityPeds eingewiesenen älteren Nutzer zeigten sich dabei nur wenig unsicher bei der Nutzung des speziellen Konstruktionsprinzips mit der Doppelgabel.

11 Vgl. Freie Presse (2022) und MDR (2022) mit Berichten zur Eröffnung des Standorts.



Stand auf der Messe Eurobike vom 13.-17. Juli 2022



Testfahrt anlässlich der Eröffnung des ersten Standorts „Mineralienhöfe“ am 12. April 2022

munikation). Diese vor allem auch erratisch auftretenden Fehlerquellen mussten Schritt für Schritt durch Aufrüstung bzw. Austausch der Komponenten bzw. ergänzende Elemente abgestellt werden. Es zeigt sich, dass Systeme, die stark auf drahtlose Kommunikation angewiesen auch in Zeiten schon guter Mobilfunknetzabdeckung eine Herausforderung sind. Hier wird auf Mikrocontroller gesetzt, die für sich genommen sehr smarte Lösungen darstellen, aber auch schnell an ihre kapazitiven Grenzen stoßen können. Dadurch kommen auch bei einer weiteren Aufrüstung schnell Kostenerhöhungen zum Tragen bzw. werden relevant. Hinzu kommt die schon seit nunmehr gut zwei Jahren angespannte Situation auf dem Beschaffungsmarkt für Elektronikkomponenten.

Als Grundtoner des Austauschs mit Personen, die an dem CityPed-Lastenpedelec bzw. dem Verleihsystem insgesamt interessiert sind, ergab sich auch der wenngleich allgemein klingende Hinweis auf die noch unzureichende Infrastruktur im öffentlichen Raum, die einer sicheren und ausgedehnten Nutzung dieser Lastenpedelecs bzw. Fahrräder allgemein noch Grenzen setzt. Das spricht auch wieder die eingangs angeführte Thematik der Notwendigkeit einer ganzheitlichen Herangehensweise an die Förderung des Fahrradverkehrs an, um die Radwende als Teil der Verkehrswende zu erreichen.

## Fazit und Ausblick

Nach der Eröffnung der ersten Verleihstation am 12. April 2022 geht das Vorhaben im Herbst 2022 im Zuge der geplanten Eröffnung der Stationen am Audimax und am Bahnhof in die Hauptphase des Reallabors am Standort Freiberg. Die bis dahin insgesamt zehn als erste Vorserie gebauten Lastenpedelecs werden zeitparallel noch leicht modifiziert. Hierzu lieferte die Teilnahme an der Messe Eurobike im Juli 2022 wichtige Hinweise betreffs einzelner Ausstattungsdetails (insbes. Batteriesystem und Gestaltung der Transportbox). Es ist darüber hinaus geplant, für besondere Nutzungen angepasste Aufbauten zu konzipieren, wie z. B. den Einsatz durch Hausmeister-Dienste aber auch die mehrfach nachgefragte Möglichkeit, Kleinkinder auf dem Lastenpedelec mitzunehmen.

Im Zusammenspiel mit einem Lastenanhänger ist auch geplant, für den speziellen Bedarf im Falle von Bränden bzw. Hava-

rien bei Großveranstaltungen eine Ausstattung mit Sicherheitsequipment wie z.B. Feuerlöscher und entsprechender Werkzeuge zu ermöglichen. Auch wird die ergänzende Integration weiterer Mikromobile – insbes. von E-Rollern bzw. E-Lastenrollern – in das Verleihsystem vorangetrieben. Im Ergebnis wird auch ein eigens entwickelter Prototyp für einen E-Lastenroller – als CityScooter bezeichnet – vorgestellt werden. Diese Bauform zeichnet sich im Vergleich zu dem CityPed-Lastenpedelec durch einen weniger komplexen Aufbau aus, und es ist zu erwarten, dass bei intelligenter konstruktiver Weiterentwicklung Potenziale im Hinblick auf die Lastenmitnahme gehoben werden können.

Eher von strategischer Natur ist das weitere Vorantreiben der Arbeiten an dem Konzept, die Lastenpedelecs autonom ein- und ausparken zu können. Diese Arbeiten sollen auch in einer Weiterbeschäftigung mit autonom agierenden Liefer- bzw. Transportrobotern münden, die technologisch auf vergleichbaren Ansätzen für die Sensorik bzw. Umfelderkennung fußen. Hierzu zeichnen sich unmittelbar Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit Robotik-Projekten am Institut für Informatik an. Gegebenenfalls gelingt es dadurch auch, das FuE-Feld der autonomen Mikromobile bzw. Liefer- und Transportrobotik (robotische Assistenzsysteme) an der TUBAF zu etablieren.<sup>14</sup>

Insgesamt wird in Bezug auf das Gelingen der Verkehrswende und dem hier durch das Projekt „SteigtUM“ gelieferten Beitrag weiter von einem hohen Bedarf an integrierten Lösungen ausgegangen, die ein möglichst reibungsloses Zusammenspiel verschiedener einzelner Elemente gewährleisten sollen: verschiedene Fahrzeugtypen, verschiedene Nutzungsformen und Nutzungsmodi. Dies wird durch vernetzte IT-Lösungen und korrespondierende Infrastrukturen mit einem hohen Standardisierungspotenzial zu erreichen sein. Letztlich sollen Nutzende es möglichst einfach haben, ihre Mobilitäts- und Transportbedarfe zeiteffizient und ressourcenschonend stillen zu können.

In diesem Zusammenhang könnte auch der Campus der TU Bergakademie Freiberg im Kontext einer fahrradfreundlichen Hochschule weiterentwickelt werden. Dabei kann ein „Steig-

<sup>14</sup> Der demografische Trend (Altersstruktur, Arbeitskräfteerervoir) in Deutschland und anderen Industriestaaten weist hier auf einen zukünftig enormen Bedarf an robotischen Assistenzsystemen als Unterstützer für logistische Prozesse und die Alltagsbewältigung hin.

tUM“ als Aufforderung speziell an alle Hochschulangehörigen und Besucher der Hochschule gesehen werden, das dazu führt, dass z. B. EinpendlerInnen am Hochschulstandort (auch in Kombination mit dem ÖPNV z. B. durch Fahrradmitnahme) vermehrt auf das Fahrrad als Transportmittel setzen, aber auch generell allen Hochschulangehörigen – beginnend mit der größten Gruppe der Studierenden – ein Mobilitätsangebot begleitend zu ihrem Aufenthalt an der TUBAF gemacht wird.<sup>15</sup> Beispielsweise unter einem Slogan wie »Bergakademie – Bike Academy« kann ein schrittweises Programm zur Beförderung einer verstärkten Nutzung von Fahrrädern bzw. Alternativen zum klassischen PKW aufgelegt werden (Angebot zur Dauerleihe von Fahrrädern an alle Studierenden, Schaffung weiterer wettergeschützter bzw. sicherer Unterstellmöglichkeiten für Fahrräder, »Jobfahrrad-Angebot« als Option für HochschulmitarbeiterInnen).

Zugleich wird es wichtig sein, die Sichtbarkeit der Thematik Fahrradnutzung am Campus gezielt zu gewährleisten und Schritt-für-Schritt auszubauen. Insgesamt, aber auch speziell an dieser Stelle der Sichtbarkeit kann mit der sehr aktiven AG Fahrrad an der TUBAF die weitere Zusammenarbeit gesucht werden. Hier bieten sich auch alternative Ansätze für die Beschaffung des notwendigen Materials im Sinne gebrauchsfähiger Fahrräder an. Die AG Fahrrad hat hierzu schon eine Aktivität angestoßen, innerhalb derer gebrauchte Räder aufgearbeitet und an Studenten gegen eine geringe Pfandprämie ausgeliehen werden sollen.<sup>16</sup> Dieser Ansatz ließe sich ggf. im Zeichen der nachhaltigen Universität TUBAF gezielt ausbauen und normieren, um neben der Neubeschaffung von Rädern für die Zwecke der Dauerleihe bzw. Ausleihe fest etabliert zu werden.

Zusammengefasst besteht so die Chance, dass sich perspektivisch aus dem Projekt SteigtUM auch wertvolle Impulse für die Hochschulentwicklung am Standort Freiberg ergeben können: dies in verkehrstechnischer Hinsicht im Sinne eines veränderten Mobilitätsverhaltens der Hochschulmitglieder, aber auch in inhaltlicher Natur wie z. B. der künftigen Forschung und Entwicklung im interessanten Feld der (auch autonomen) Mikromobilität (Konstruktion / Maschinenbau / Elektrotechnik / Automatisierung), der Informatik und der Robotik. Im Ergebnis können neue innovative Lösungen zur besseren Bewirtschaftung der knappen Ressourcen Energie und öffentlicher Raum entwickelt werden, die sich sehr gut unter das konzeptionelle Dach der Resourcenuniversität TU Bergakademie stellen lassen.<sup>17</sup>

Ein Nahziel könnte hier eine modellhafte Ausstattung des Campus mit einem Fahrradleitsystem sein. Gegebenenfalls ließe sich z. B. auch ein besonders stark von den Liegenschaften der TUBAF geprägter Bereich des Campus wie z. B. im Bereich Zeunerstraße / Bernhard-von-Cotta-Straße innerhalb eines ersten Modellprojekts exemplarisch herausgreifen.<sup>18</sup>

15 Vgl. TUBAF (2022b).

16 Vgl. TUBAF (2022c).

17 Ein hier nicht weiter ausgeführter Bereich liegt auch in der weiteren Suche nach Alternativen zur derzeit weitbreitenden Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien zur Realisation der Elektrifizierung von Fahrrädern. Angesichts der damit verbundenen Umweltwirkungen in den Lieferländern dieses Rohstoffs ist es dringend angezeigt, umweltschonendere Batteriekonzepte in diesen Bereich von Fahrzeugen mit notwendigerweise niedrigem Gewicht einzuführen.

18 Hier könnte auch über eine Kombination von Radverkehr, Autoverkehr und verkehrenden Lieferrobotern zusammen mit der Stadt Freiberg befunden werden.

## Quellen

Agora Verkehrswende (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. Eine Diskussion zu den wichtigsten Herausforderungen der Verkehrswende (Langfassung), [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12\\_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf) [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

BMBF (2022a): SteigtUM. Elektrische Kleinfahrzeuge für einen ganzheitlichen Lösungsansatz urbaner Mobilitätsprobleme, <https://www.interaktive-technologien.de/projekte/steigtum> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

BMBF (2022b): Individuelle und adaptive Technologien für eine vernetzte Mobilität, <https://www.interaktive-technologien.de/foerderung/bekanntmachungen/vmo> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

DLF (2022): Fahrradboom. Wie das Miteinander auf den Straßen gelingen kann, Forschung aktuell - Wissenschaft im Brennpunkt, Sendung vom 31.07.2022, <https://www.deutschlandfunk.de/fahrradboom-in-deutschland-wie-das-miteinander-auf-den-strassen-gelingen-kann-dlf-dde625ff-100.html> Letzter Zugriff: 2022-08-07].

DLF Nova (2022): Karl von Drais. Die Erfindung des Fahrrads 1817, Sendung vom 08.07.2022, <https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/karl-von-drais-die-erfindung-des-fahrrads-1817> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

Ebert, A.-K. (2010): Radelnde Nationen. Die Geschichte des Fahrrads in Deutschland und den Niederlanden bis 1940, Frankfurt / New York (Campus).

Freie Presse (2022): Freiberg testet's: So fahren sich elektrische Lastenräder, Online-Artikel erschienen am 14. April 2022, <https://www.freiepresse.de/mittelsachsen/freiberg/freiberg-testet-s-so-fahren-sich-elektrische-lastenraeder-artikel12117233> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

Gerschenkron, A. (1962): Economic Backwardness in Historical Perspective: A Book of Essays, Cambridge, Mass. (Harvard University Press).

Greenpeace (2017a): Verkehrswende für Deutschland. Der Weg zu CO2-freier Mobilität bis 2035. Kurzfassung, <https://www.greenpeace.de/sites/default/files/publications/20170830-greenpeace-kursbuch-mobilitaet-kurzfassung.pdf.pdf> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

Greenpeace (2017b): Verkehrswende für Deutschland. Der Weg zu CO2-freier Mobilität bis 2035. Langfassung, [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6812/file/6812\\_Verkehrswende.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6812/file/6812_Verkehrswende.pdf) [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

KfW Research (2022): Verkehrswende in Deutschland braucht differenzierte Ansätze in Stadt und Land, Pressemitteilung vom 11. Januar 2022, [https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details\\_688320.html](https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_688320.html) [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

MDR-Fernsehen (2022): Freiberger prüfen elektrische Lastenräder auf Alltagstauglichkeit, Fernsehbeitrag im MDR SACHSENPIEGEL am 12. April 2022 um 19:00 Uhr, <https://www.mdr.de/video/mdr-videos/a-video-613680.html> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

TUBAF – TU Bergakademie Freiberg (2022a): Ergebnisse zum Mobilitätsverhalten, 08. Juli 2022, <https://tu-freiberg.de/umweltmanagement/ergebnisse-der-befragung-zum-mobilitaetsverhalten> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

TUBAF – TU Bergakademie Freiberg (2022b): Nahverkehr, Radwege und Co.: Was die Uni für umweltfreundliche Mobilität tut, TU aktuell vom 08. Juli 2022, <https://tu-freiberg.de/presse/nahverkehr-radwege-und-co-was-die-uni-fuer-umweltfreundliche-mobilitaet-tut> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

TUBAF – TU Bergakademie Freiberg (2022c): Neue Initiativen des Studierendenrats: Uni-Garten und Fahrradwerkstatt starten ab dem Sommersemester, TU aktuell vom 02. März 2022, <https://tu-freiberg.de/presse/neue-initiativen-des-studierendenrats-uni-garten-und-fahrradwerkstatt-starten-ab-dem-sommersemester> [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

Umweltbundesamt (2020): Verkehrswende für ALLE. So erreichen wir eine sozial gerechtere und umweltverträglichere Mobilität, Position // August 2020, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2020\\_pp\\_verkehrswende\\_fuer\\_alle\\_bf\\_02.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2020_pp_verkehrswende_fuer_alle_bf_02.pdf) [Letzter Zugriff: 2022-08-07].

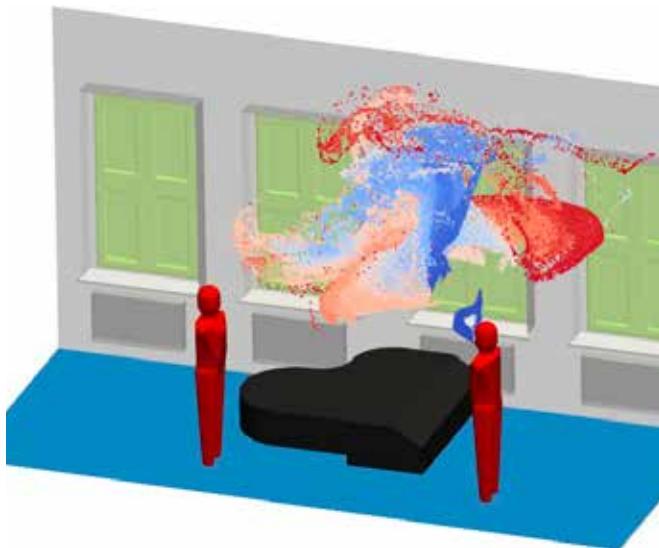
# Ausbreitung virusbeladener Aerosolpartikel

Rüdiger Schwarze<sup>1</sup>, Katrin Bauer<sup>1</sup>, Christian Ernst<sup>1</sup>, Robert Hardege<sup>1</sup>, Martin Heinrich<sup>1</sup>, Sebastian Neumann<sup>1</sup>

Seit Mai 2020 arbeitet die Professur Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen gemeinsam mit Kollegen der Universitätsklinik Leipzig am Thema „Aerosole als mögliche Überträger von Viren“. Über diese Zusammenarbeit und bisherige Erkenntnisse möchten die Autoren an dieser Stelle berichten.

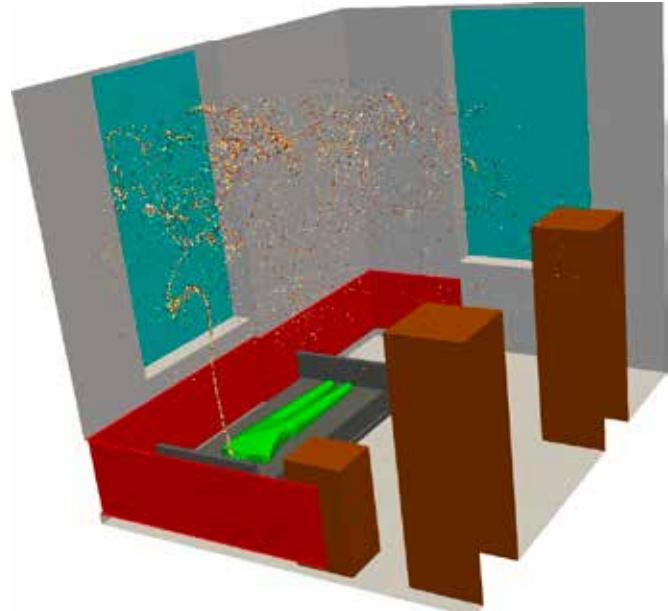
## Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Leipzig

Im Mai 2020 gab es eine kontroverse wissenschaftliche Debatte darüber, ob Aerosole wesentlich zur Übertragung von Sars-CoV-2-Viren beitragen. Die Arbeitsgruppe Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen hatte zu dieser Zeit bereits umfangreiche Erfahrungen in der Untersuchung von Luftströmungen in den menschlichen Atemwegen, außerdem verfügten wir über erprobte numerische Modelle, mit denen die Ausbreitung von Mikropartikeln wie Aerosolen in großen, geschlossenen Räumen simuliert werden konnten. Daher nahmen wir Kontakt mit der Universitätsklinik Leipzig auf und fragten, ob es dort Interesse an einer wissenschaftlichen Zusammenarbeit zum Thema Virusübertragung durch Aerosole gibt. Die Kollegen in Leipzig reagierten sofort, und wir vereinbarten die erste von vielen gemeinsamen Videokonferenzen, in denen relevante Fragen, aktuelle Erkenntnisse und daraus abzuleitende Handlungsempfehlungen diskutiert wurden.



Aerosolausbreitung während des Gesangsunterrichts in einem Proberaum. Die Person rechts stößt beim Singen Aerosole aus. Nach wenigen Minuten nimmt die so entstehende Aerosolwolke bereits einen großen Bereich des Proberaums ein. Bild: Christian Ernst

Schnell wurde klar, dass es den Kollegen in Leipzig wichtig war zu verstehen, wie sich Aerosole in Patientenräumen ausbreiten. Es wurde befürchtet, dass sich nicht nur die behandelnden Ärzte und Pflegekräfte, sondern auch das übrige Personal im Krankenhaus durch Aerosole mit Corona infizieren könnte. Eine weitere Fragestellung betraf die Ausbreitung von Aerosolen in Proberäumen während des Gesangsunterrichts von Solisten und Chören. Daher beschlossen wir, gemeinsam an diesen beiden Fragestellungen zu arbeiten.



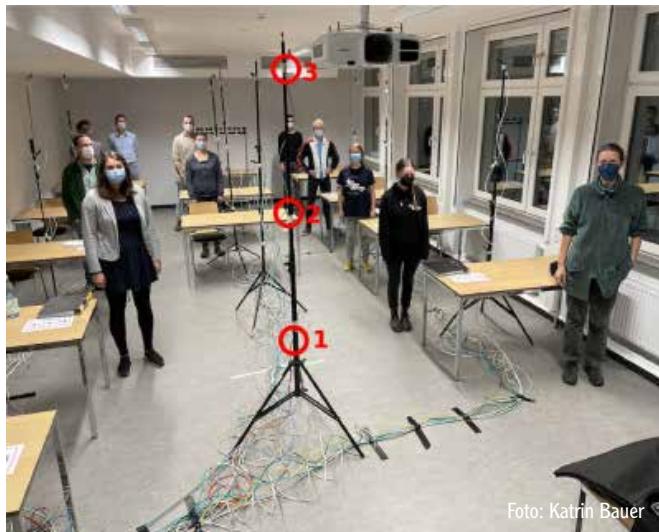
Aerosolausbreitung in einem Patientenraum. Der liegende Patient atmet Aerosole aus, die sich mit der ausgeatmeten Luft im Raum verteilen. In dieser und der nächsten Abbildung sind die Aerosole zur Visualisierung vergrößert dargestellt. Bild: Martin Heinrich

## Aerosole in Patientenräumen

Um die Frage der Aerosolausbreitung in geschlossenen Patientenräumen zu untersuchen, führten wir verschiedene numerische Simulationen durch, die die Ausbreitung in Patientenräumen, wie sie an der Uniklinik typisch sind, zeigen. Ein Beispiel für das Ergebnis einer solchen Simulation ist in Bild 1 zu sehen. Ein liegender Patient atmet regelmäßig ein und aus. Die ausgeatmete Luft ist dabei erwärmt und steigt in einer charakteristischen Säule auf. Mit der Luft werden auch Aerosole ausgeatmet, die in den menschlichen Atemwegen entstanden sind. Bei mit dem Coronavirus infizierten Personen können diese Aerosole Sars-CoV-2-Viren transportieren. Gleichzeitig wird der Patientenraum durch eine raumlufttechnische Anlage klimatisiert. In diesem Fall tauscht die Anlage die Raumluft im Mittel alle 10 Minuten komplett aus. Zur Vorbereitung der Simulationen wurden die Parameter der raumlufttechnischen Anlage, unter anderem die Luftgeschwindigkeit im Bereich der Lüftungsgitter, von Mitgliedern der Arbeitsgruppe vor Ort in einem leeren, desinfizierten Patientenraum vermessen.

Die Ausbreitung der Aerosole und damit der Viren im Raum wird durch die zeitaufgelöste Simulation wiedergegeben. Berechnet werden die Strömung der Raumluft und die Bewegung der in der Raumluft dispergierten Aerosolpartikel. In den Simulationen ist zu erkennen, in welchen Raumbereichen sich die Aerosole im Laufe der Zeit anreichern und in welchen Bereichen sich nur wenige Partikel befinden. Die Simulationsergebnisse wurden gemeinsam mit den Kollegen der Uniklinik Leipzig diskutiert. So zeigten die Simulationen, dass sich insbesondere im Kopfbereich des Patienten Aerosole anreichern können, während sich am Fußende des Patientenbettes nur relativ wenige Aerosole befinden. Um die sehr zeitaufwändigen

<sup>1</sup> Institut für Mechanik und Fluidodynamik



Mitglieder des Chors bei einer Chorprobe, zu sehen ist außerdem das Sensorfeld. An verschiedenen, im Raum verteilten Stativen befinden sich jeweils drei Kohlendioxidsensoren, die am Stativ im Vordergrund auch markiert sind.

numerischen Untersuchungen weiterführen und detailliert analysieren zu können, wurde ein entsprechendes Projekt im Rahmen der DFG Fokusförderung „Aerosolpartikel und ihre Ausbreitung“ beantragt und bewilligt. Das DFG-Projekt befindet sich aktuell in der Bearbeitung, erste Erkenntnisse wurden Mitte des Jahres zur Veröffentlichung eingereicht.

### Singen unter Pandemiebedingungen

Auch die Frage der Aerosolausbreitung in Proberäumen für Musiker und Sänger wurde mit den an der TU Bergakademie Freiberg vorhandenen Simulationsmodellen untersucht. In Bild 2 ist das Ergebnis einer ersten Simulation zu sehen. In einem Proberaum befinden sich ein Sänger und hinter dem Flügel ein Gesangslehrer. Der Proberaum besitzt keine raumluftechnische Anlage, die Luft bewegt sich nur aufgrund vorhandener Temperaturunterschiede im Raum, zum Beispiel zwischen den Fenstern und der Decke. Die Simulationsergebnisse zeigen, wie sich die vom Sänger ausgeatmeten Aerosole im Proberaum ausbreiten. Innerhalb weniger Minuten ist die Hälfte des Raums mit Aerosolen geflutet. Aus den Ergebnissen solcher Simulationen lassen sich Handlungsempfehlungen beispielsweise für die Dauer einer Probe oder das Lüftungsverhalten zwischen einzelnen Proben ableiten.

Um die Güte der numerischen Simulationen zu überprüfen und weitere Einzelheiten der Aerosolausbreitung zu erforschen, wurden gemeinsam mit den Kollegen aus Leipzig Messkampagnen in verschiedenen Situationen durchgeführt. Allerdings ist es in Alltagssituationen praktisch unmöglich, die vergleichsweise wenigen ausgeatmeten Aerosole in der großen Zahl sonstiger Staubteilchen in der Raumluft zu finden. Die ausgeatmete Luft enthält neben den Aerosolen aber auch mehr Kohlendioxid. Daher wurde auf den Kohlendioxidgehalt der Luft als leicht zugängliche Messgröße ausgewichen. Dabei wird in der Literatur davon ausgegangen, dass ein Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Raumluft auf einen entsprechenden Anstieg der Aerosolkonzentration hinweist.

Erste Messungen zur Entwicklung des Kohlendioxidegehalts wurden in den Proberäumen des Thomanerchors in Leipzig durchgeführt. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Arbeitsgruppe entwickelten für die Messungen ein Sensorfeld aus

handelsüblichen Kohlendioxid-Sensoren. Das Sensorfeld ermöglicht die räumlich und zeitlich aufgelöste Messung des Kohlendioxidegehalts. Die Sensoren können im aktuellen Aufbau über WLAN ausgelesen werden, sodass ein sehr flexibler Aufbau des Sensorfelds möglich ist. Der Testbetrieb bei den Thomanern lief erfolgreich, leider wechselten die Thomaner kurz nach dem ersten Test zum Homeschooling, sodass eine Fortsetzung dieser Untersuchungen noch aussteht.

Die zweite Messkampagne wurde an der TU Bergakademie Freiberg durchgeführt. Hier stellten sich freundlicherweise Mitglieder des Chors unseres Collegium Musicum als Testpersonen zur Verfügung. Bild 3 zeigt den Chor und das Sensorfeld bei der Vorbereitung der ersten Messungen. Die Messungen fanden an zwei Tagen im Herbst 2021 in einem Seminarraum statt. An beiden Tagen war die raumluftechnische Anlage abgeschaltet. Die Ergebnisse zeigen, wie schnell die Kohlendioxidkonzentration unter diesen Bedingungen in Abhängigkeit von der Personenzahl im Raum sowie dem Lüftungsregime über Fenster ansteigt bzw. sinkt. Aus den Ergebnissen wurden in gemeinsamen Diskussionen unter anderem Handlungsempfehlungen für die Dauer von Chorproben und das Lüftungsverhalten abgeleitet, sie sind zwischenzeitlich im Journal of Voice [1] veröffentlicht.



Mitglieder des Leipziger Universitätschors während der Messkampagne im Paulinum. Zu erkennen ist auch der Sensorfeldaufbau mit drei Kohlendioxidsensoren pro Stativ.

Die bisher letzte Messkampagne fand im Paulinum, der Aula der Universität Leipzig, statt. Auch hier wurden die Messungen während einer Probe des Universitäts-Chors Leipzig durchgeführt, Bild 4 zeigt einige Mitglieder des Chors während der Probe. Die Messungen bestätigten, dass moderne raumluftechnische Anlagen, wie sie im Paulinum vorhanden sind, eine gute Versorgung mit Frischluft gewährleisten. Es kam auch im Bereich des Chors nur zu einem geringen Anstieg des Kohlendioxidegehalts. Daher ist davon auszugehen, dass auch ausgeatmete Aerosole schnell abtransportiert werden.

Abschließend möchten wir uns bei unseren Kollegen in Leipzig herzlich für die gute Zusammenarbeit bedanken, die uns viele interessante und spannende Einblicke in ein wichtiges Forschungsfeld gegeben hat.

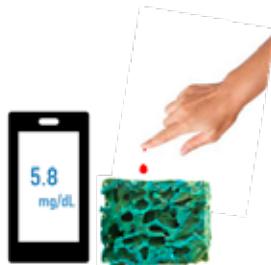
### Literatur

[1] Katrin Bauer, Robert Hardege, Sebastian Neumann, Rüdiger Schwarze, Michael Fuchs, Lennart Heinrich Pieper: How Safe is Singing Under Pandemic Conditions? - CO2-Measurements as Simple Method for Risk Estimation During Choir Rehearsals, Journal of Voice (2022) DOI: 10.1016/j.jvoice.2022.05.003.

# Vom Badeschwamm zum Glukosesensor

## Enzymfreies Material zur Blutzuckermessung

Parvaneh Rahimi<sup>1,2</sup>, Sedigheh Falahi<sup>1</sup>, Alaaf Jaafar<sup>1</sup>, Iaroslav Petrenko<sup>1</sup>,  
Mashaalah Zarejoushghani<sup>2</sup>, Hermann Ehrlich<sup>1</sup>, Yvonne Joseph<sup>1,2</sup>



Diabetes mellitus ist ein chronisch fortschreitendes Stoffwechselsyndrom und verursacht viele Gesundheitsprobleme. Es wird erwartet, dass sich die Zahl der Diabetiker bis zum Jahr 2045 verdoppeln wird. Eine frühzeitige bzw. sorgfältige Behandlung von Diabetes kann akute Probleme verhindern und das Fortschreiten verzögern. Unter den verschiedenen Verfahren zum Nachweis von Glukose haben elektrochemische (Bio-)Sensoren aufgrund ihrer Vorteile, wie z. B. geringe Kosten, einfache und leichte Bedienung, schnelles Ansprechen und Point-of-Care-Nachweisfähigkeit, große Aufmerksamkeit auf sich gezogen.

In den letzten Jahren wuchs das Interesse an der Entwicklung enzymfreier elektrochemischer Sensor-Assays, die auf verschiedenen biokompatiblen Metall-Nanostrukturen und deren Oxiden als Katalysatoren für die Elektrooxidation von Glukose basieren, deutlich. Nicht-enzymatische Glukosesensoren überwinden die Nachteile enzymatischer Glukosesensoren wie eine schlechte Stabilität/Reproduzierbarkeit, den Abbau der Enzymaktivität, den komplizierten Immobilisierungsprozess und die hohen Kosten. Das Sensormaterial als Elektrokatalysator spielt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung nicht-enzymatischer Glukosesensoren und die Entwicklung effizienter Elektrodenmaterialien mit hervorragender katalytischer Aktivität, großer Oberfläche, wünschenswerter Morphologie, Größe, Form und Komposition ist ein wichtiger Faktor für die Konstruktion nicht-enzymatischer Glukosesensoren [1]. Verschiedene Nanomaterialien aus Kohlenstoff (wie Graphen, Kohlenstoff-Nanoröhren), Metallen (Au, Zn, Ni, Cu, Pd), Metalloxiden (ZnO, CuO), Legierungen (PtPb, AuNi) und Kompositen wurden ausgiebig auf ihre Eignung als Elektrokatalysatoren für die nicht-enzymatische Glukosesensorik untersucht. Nanomaterialien und Komposite auf Cu-Basis wurden dabei als vielversprechende Kandidaten für die Entwicklung elektrochemischer, nicht-enzymatischer Glukosesensoren identifiziert, da sie kostengünstig, stabil, ungiftig und biokompatibel sind und eine hervorragende katalytische Aktivität aufweisen. Materialien mit begrenzter Oberfläche können jedoch zu einem Verlust aktiver Stellen für die Adsorption und Reaktion von Glukose führen, was die elektrokatalytische Aktivität verringert [2]. Um diese Herausforderung zu meistern und die effektive Oberfläche zu verbessern, können Cu-Nanostrukturen mit zweidimensionalen (2D) Materialien (z.B. Graphen) zu Nanokomplexen [2,3] oder mit dreidimensionalen (3D) Materialien (z.B. Schäumen) zu nanoporösen Kompositen integriert werden. Die Herstellung solcher mik-

ro- oder nanoporösen Materialien ist jedoch zu komplex und teuer, um eine kostengünstige Plattform für die Glukosesensorik zu entwickeln. Natürliche Polymere bieten eine große Vielfalt an Matrizen für die Entwicklung von biokompatiblen 3D-Kompositen für Sensoranwendungen. In letzter Zeit hat das erneuerbare proteinartige Biopolymer Spongin, das die Hauptstrukturkomponente der Skelettfasern von Badeschwämmen (Demospongiae: Porifera) darstellt, die Aufmerksamkeit auf sich gezogen [4]. Unter bestimmten Bedingungen kann Spongin mit verschiedenen Metallionen wie Fe, Hg und Cu reagieren und erhält auf diese Weise neue Funktionen, ohne seine ursprüngliche Porosität und einzigartige 3D-Mikro- und Makroarchitektur zu verlieren [5].

Auf Basis dieser Erkenntnisse konnte ein neuer enzymfreier Sensor aus einem bio-basierten Werkstoff, der auf der Verwendung eines 3D-Spongin-Atacamit-Komposit (S.A.) als biokompatibler Katalysator basiert, für die direkte Messung von Glukose entwickelt werden (Abb. 1). Modifizierte Kohlenstoffpastenelektroden (CPEs) als Sensoren wurden durch Mischen von Graphit und S.A.-Pulver als Modifikator und dann mit Paraffinöl als Binder in verschiedenen Verhältnissen und Mahldauer gründlich in einem Mörser zu einer homogenen Paste verarbeitet. Alle Komponenten wurden homogenisiert, um eine Mischung zu erhalten, die anschließend in einen Kohlenstoffpastenhalter mit einem Innendurchmesser von 2 mm gefüllt wurde. Zum Vergleich wurde eine unmodifizierte CPE auf die gleiche Weise hergestellt. Elektrochemische Untersuchungen wurden mit dem elektrochemischen Analysesystem Palmsens 4 und einer herkömmlichen Drei-Elek-

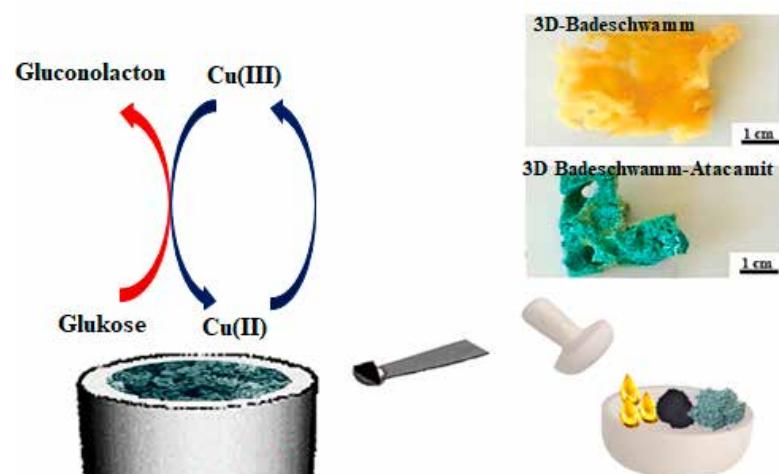


Abb. 1: Schematische Darstellung der Vorbereitung des nicht-enzymatischen Glukosesensors basierend auf 3D-Spongin-Atacamit-Komposit.

1 Institut für Elektronik- und Sensormaterialien; Gustav-Zeuner-Str. 3, 09599 Freiberg, Parvaneh.Rahimi@esm.tu-freiberg.de

2 Zentrum für Wasserforschung Freiberg

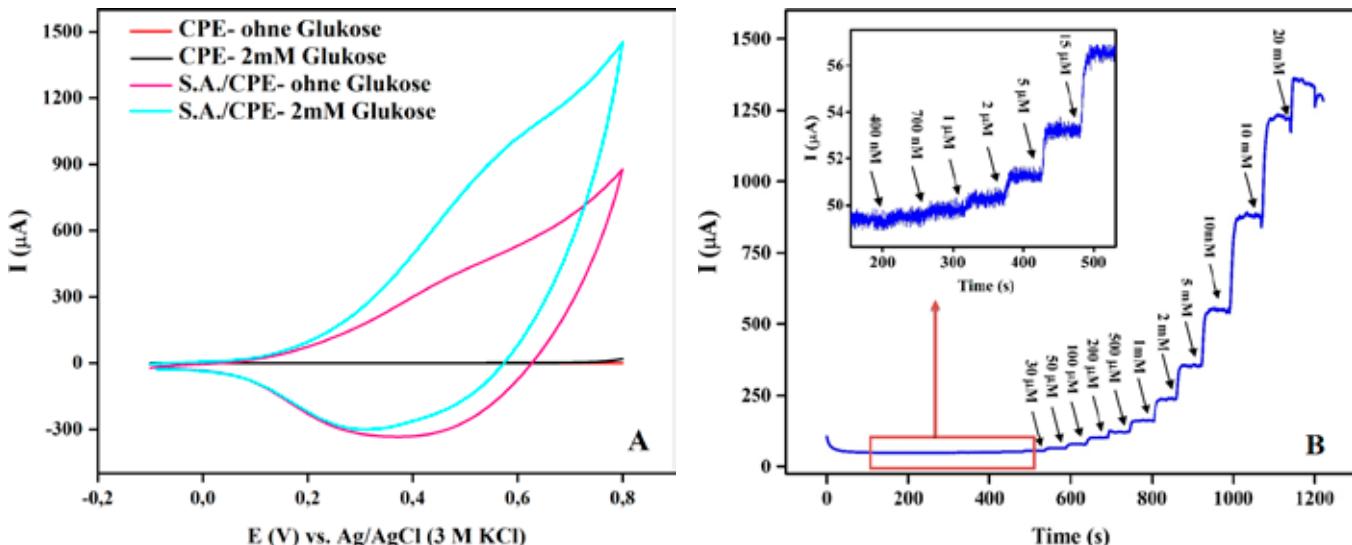


Abb. 2: (A) CVs von CPE, und S.A./CPE in 0,1 M NaOH-Lösung mit und ohne 2 mM Glukose. (B) Amperometrische Antworten von S.A./CPE bei aufeinanderfolgenden Zugaben verschiedener Glukosemengen von 400 nM bis 10 mM.

troden-Konfiguration durchgeführt. Die hergestellten CPEs wurden als Arbeitselektroden verwendet. Eine Ag/AgCl (3 M KCl)-Elektrode und ein Platindraht dienten als Referenz- bzw. Gegenelektrode.

Zyklische Voltammetriemessungen (CV) wurden zur Evaluierung der katalytischen Leistung der hergestellten Elektroden für die Glukoseoxidation eingesetzt. Die CV-Kurven von unmodifizierten und S.A.-modifizierten Elektroden wurden in 0,1 M NaOH-Lösung mit und ohne 2 mM Glukose aufgenommen. Wie in Abb. 2A gezeigt, wurde mit der unmodifizierten Elektrode (CPE) in Gegenwart von Glukose kein Oxidationsstrom gemessen. Im Vergleich dazu zeigte die modifizierte Elektrode (S.A./CPE) ein deutlich verbessertes Stromverhalten bei der Glukoseoxidation. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die einzigartige Struktur des mikroporösen 3D-Schwammgerüsts effizient die Aktivität von Atacamit als Elektrokatalysator fördert. Glukosemoleküle können dabei schnell und einfach in das poröse 3D-Netzwerk diffundieren, was die Elektronenübertragung zwischen Glukose und Atacamit erleichtert und zu den leistungsstarken Eigenschaften des Glukosesensors führt. Wie in Abb. 1 gezeigt, ist die Glukoseoxidation stark abhängig von dem Redoxpaar Cu(II)/Cu(III) im alkalischen Medium, das im Potentialbereich von 0,40-0,80 V auftritt. Es wurde vorgeschlagen, dass Cu(II) zu Cu(III) oxidiert und die erzeugten Cu(III)-Spezies (wie CuOOH oder Cu(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup>) als aktives Oxidationsmittel für die Oxidation von Glukose zu Gluconolacton wirken und nach der Glukoseoxidation zu Cu(II) reduziert werden [6]. Die amperometrische Antwort des S.A./CPE auf eine schrittweise Zugabe von Glucose in 0,1 M NaOH bei einem optimalen Potential von 0,60 V wurde ebenfalls untersucht (Abb. 2B). Die S.A.-modifizierte CPE zeigte eine ausgezeichnete Aktivität gegenüber Glukose in einem breiten Konzentrationsbereich mit hoher Empfindlichkeit und einer niedrigen Nachweisgrenze. Um die Leistung der hergestellten Elektrode auf der Basis von S.A. als praktischer Glukosesensor weiter zu bewerten, wurden andere wichtige Faktoren wie Wiederholbarkeit, Reproduzierbarkeit und Stabilität des Sensors untersucht. Dabei wurden eine gute Selektivität unter verschiedenen

Störfaktoren mit hervorragender Stabilität sowie eine günstige Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit erzielt. Der entwickelte Sensor wurde zur Bestimmung von Glukose in Blutserumproben eingesetzt, was seine Praxistauglichkeit bestätigte. Da Badeschwamm biotechnologisch kultivierbar ist, kann dieser Sensor als vielversprechender Kandidat für die Entwicklung neuer kommerzieller nicht-enzymatischer Glukosesensoren in großem Maßstab zur Anwendung kommen [7].

#### Literatur

- [1] Xu, Z., Wang, Q., Li, R., Zhangsun, H., Dong, M., Wang, L., Surface Selenylation Engineering for Construction of a Hierarchical NiSe<sub>2</sub>/Carbon Nanorod: A High-Performance Nonenzymatic Glucose Sensor, *ACS applied materials & interfaces* 13 (2021) 22866.
- [2] Jiang, J., Zhang, P., Liu, Y., Luo, H., A novel non-enzymatic glucose sensor based on a Cu-nanoparticle-modified graphene edge nanoelectrode, *Anal. Methods* 9 (2017) 2205.
- [3] Phetsang, S., Kidkhunthod, P., Chanlek, N., Jakmunee, J., Mungkornasawakul, P., Ounnunkad, K., Copper/reduced graphene oxide film modified electrode for non-enzymatic glucose sensing application, *Scientific reports* 11 (2021) 9302.
- [4] Jesionowski T., Norman M., Źoltowska-Aksamitowska S., Petrenko I., Yoseph Y., Ehrlich H., Marine spongin: naturally prefabricated 3D scaffold-based biomaterial. *Marine Drugs*, 16 (2018) 88.
- [5] Tsurkan D., Simon P., Schimpf C., Motylenko M., Ra-faja D., Roth F., Inosov D., Makarova A. A., Stepiak I., Petrenko I., Springer A., Langer E., Kulbakov A., Avdeev M., Stefankiewicz A. R., Heimler K., Kononchuk O., Hippmann S., Kaiser D., Viehweger C., Rogoll A., Voronkina A., Kovalchuk V., Bazhenov V.V., Galli R., Rahimi-Nasrabi M., Molodtsov S. L., Rahimi P., Falahi S., Joseph Y., Vogt C., Vyalikh D. V., Bertau M., Ehrlich H. Extreme Biomimetics: Designing of the first nanostructured 3D spongin-atacamite composite and its application. *Advanced Materials*, 33 (2021) 2101682.
- [6] Sun, S., Sun, Y., Chen, A., Zhang, X., Yang, Z., Na-noporous copper oxide ribbon assembly of free-standing nanoneedles as biosensors for glucose, *The Analyst* 140 (2015) 5205.
- [7] Falahi S., Jaafar A., Petrenko I., Zarejousheghani M., Ehrlich H., Rahimi P., and Joseph Y., High-Performance Three-Dimensional Spongin-Atacamite Biocomposite for Electrochemical Nonenzymatic Glucose Sensing. *Applied Bio Materials*, 5 (2022) 837.

# Graduiertenkolleg GRK 2802: Feuerfest Recycling

## Ein Beitrag für Rohstoff-, Energie- und Klimaeffizienz in Hochtemperaturprozessen

Christos G. Aneziris, Olena Volkova, Patrick Gehre, Jana Hubalkova



Graduiertenkolleg 2802

Feuerfestkeramiken sind die unsichtbaren Helden in zahlreichen Hochtemperaturanwendungen und leisten einen essentiellen Beitrag in unserer Gesellschaft. In der Metallurgie, in der Energiewirtschaft, in der Baustoff- und Keramikindustrie sowie in der chemischen Industrie ist eine Verwendung von Feuerfestkeramiken unumgänglich, und insbesondere ihre Symbiose in Kontakt mit aggressiven Medien bestimmt häufig die Leistungsfähigkeit des Gesamtprozesses. Die Feuerfestkeramik befindet sich derzeit auf dem Entwicklungsweg vom groben Massenprodukt zum forschungsintensiven Spezialprodukt. Die Längenskala reicht vom „Nanometerkorn“ bis zu „Metertänen der Feuerfestauskleidung“ und bei den Produkten vom graduierten Verbundwerkstoff oder Werkstoffverbund zur Hochtemperatur-Funktionskeramik, sog. „smart refractories“, [ANE08]. Knappe Ressourcen und die Notwendigkeit zur Senkung des Energiebedarfs fordern die Feuerfestforschung heraus deutlich leistungsfähigere und dennoch material- und energieeffiziente Werkstoffe, Herstellungsverfahren und insbesondere Recycling-Konzepte zu entwickeln.

Weltweit fallen jährlich bis zu 28 Millionen Tonnen gebrauchter Feuerfestmaterialien an, allerdings hat deren Recycling in der Vergangenheit eine eher untergeordnete Rolle gespielt. Aus ökologischen Gründen und aufgrund gestiegener Deponiekosten wurde in den letzten Jahren ein verstärkter Forschungsbedarf identifiziert sich mit der Nutzung der Hochtemperatur-Rezyklate auseinanderzusetzen. Allerdings stand bisher nicht die Treibhausgasreduzierung oder -neutralität im Fokus, da heutzutage die Mehrheit der gebrauchten Feuerfestmaterialien zunächst vor allem für eine artfremde Nutzung eingesetzt wird, u. a. als Zuschlagstoffe für den Straßenbau oder als Schlackenkonditionierer in metallurgischen Prozessen. Ein enormes Potential zur direkten Vermeidung von treibhauswirksamen Emissionen entfaltet sich daher erst bei der Wiedernutzung in artgleichen Hochtemperaturwerkstoffen.

Die Feuerfestindustrie hat einen starken Einfluss auf die Treibhausgasemissionen in der keramischen Branche sowohl im Sinne der Freisetzung von  $\text{CO}_2$  bei der thermischen Zersetzung von Carbonaten, z. B. bei der Kalzinierung von Magnesit zu Magnesiumoxid, als auch im Sinne der nachträglichen thermischen Behandlungen mit fossilen Brennstoffen für die Herstellung von Feuerfesterzeugnissen.

sen. Gegenüber 1990 konnten die spezifischen Emissionen in der Feuerfestindustrie bis 2010 um ca. 35 % reduziert werden [FRO11]. Die Quellen der erneuerbaren Energien können dabei erhebliche Beiträge zur weiteren Reduzierung von Emissionen leisten, allerdings kann die Reduzierung von chemisch gebundenen Treibhausgasen aus den natürlichen Rohstoffen nur realisiert werden, wenn die feuerfesten Werkstoffe recycelt und in neuartigen Feuerfesterzeugnissen umgesetzt werden.

Dies wird in der Tabelle 1 am Beispiel  $\text{MgO}$  dargestellt, wo die Dekarbonatisierung während der thermischen Kalzinierung zu einem  $\text{CO}_2$ -Ausstoß von ca. 64 bis 74 % je nach Ausgangsrohstoffart des Magnesits beiträgt. Die Wiederverwendung als Feuerfestmaterial im Sinne eines geschlossenen Recyclingkreislaufs hat das Potenzial zu einem höheren ökonomischen und ökologischen Nutzen durch a) geringeren Energieverbrauch und  $\text{CO}_2$ -Ausstoß im Vergleich zum Einsatz von natürlichen Ausgangsrohstoffen, b) kostengünstigere Ausgangsmaterialien und c) niedrigere Verarbeitungskosten. Damit entfaltet sich das Feuerfest-Recycling als die Basis für Rohstoff-, Energie- und Klimaeffizienz in Hochtemperaturprozessen.

Tabelle 1: Vergleich der Kohlendioxid-Bilanzen verschiedener Sinterbrandtechnologien [SZE07].

Spezifische $\text{CO}_2$ -Emissionen in t $\text{CO}_2$ /t $\text{MgO}$	A	B
Rohstoff	Magnesit, Fe-reich	Magnesit, Fe-arm
Ofentyp / Brennstofftyp	Drehrohr / Erdgas	Schachtofen / Erdgas
Dekarbonatisierung: $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$	0,996	1,06
Direkte Kalzinierung	0,349	0,591
<b>Gesamtsumme</b>	<b>1,344</b>	<b>1,655</b>

Bisher wurde die Wiederverwendung nur in einem begrenzten Umfang bis zu ca. 20 % praktiziert [CER12]. Starke Ansteige der Rohstoffpreise und Lieferungsunsicherheiten in den letzten 5 Jahren haben dazu beigetragen, dass sich das Interesse an einer derartigen Wiederverwendung deutlich erhöht hat [HOR19].

Genau hier setzt das in Mai 2022 bewilligte DFG Graduiertenkolleg 2802 an, mit einer **fachübergreifenden Ausbildung** von Doktorandinnen und Doktoranden das Eigenchaftsspektrum als auch die Limitierungen einer neuen Generation von Hochtemperaturwerkstoffen auf der Basis von Feuerfest-Rezyklaten mit speziellen thermomechanischen Eigenschaften.

### Kontakt

aneziris@ikfvw.tu-freiberg.de

ischen, chemischen und funktionstechnischen Eigenschaften in Hochtemperaturprozessen der Metallurgie zu erforschen. Dabei soll einerseits eine materialbedingte  $\text{CO}_2$ -Reduzierung durch Recycling erzielt werden (Verzicht auf eine Kalzination und Freisetzung von  $\text{CO}_2$  am Beispiel der Nutzung von  $\text{MgO}$ -Rezyklaten oder Verzicht auf den Bayer-Prozess am Beispiel der Nutzung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Rezyklaten), andererseits eine  $\text{CO}_2$ -Reduzierung durch funktionalisierte, metallokeramische Verbundwerkstoffe auf Basis dieser Rezyklate, deren Einsatz erst  $\text{CO}_2$ -ärmere u. a. metallurgische Prozesse ermöglicht.

In der Studie des Institute for European Studies (IES) „Industrial value chain: A bridge towards a carbon neutral Europe“ werden die Synergieeffekte der Funktionskette Materialeffizienz-Prozessinnovation-Recycling-Ökonomie offenbart: „For most basic materials, enhanced circularity will become more important over the next decades as a strategy to reduce emissions, reduce energy use, maintain security of supply (in some cases), and enhance production and growth while reducing costs.“ [WYN18].

Der Fokus des Graduiertenkollegs liegt dabei nicht auf der Weiterentwicklung der Aufbereitungstechnik für die Erzeugung der Rezyklate, da diese von Firmen des Industriebeirats zur Verfügung gestellt werden. Deren prozesstechnische Vorgeschichte wird dokumentiert und mitgeliefert und ist eines der zentralen Elemente für das Verständnis der Gefüge-Evolution und insbesondere die Basis für eine gezielte Funktionalisierung, um deren massenhafte Wiederverwendung zu ermöglichen. Am Beispiel von  $\text{MgO}$ -C-Erzeugnissen bedeutet dies u. a. den strategisch-bewussten Verzicht auf metallische Anti-Oxidantien (z. B. Al) bereits bei den „frischen Erzeugnissen“, um das Explosionsrisiko bei der Reaktion von  $\text{Al}_4\text{C}_3$ -Karbiden mit Feuchte bei der Wiederverwendung zu eliminieren [ZHA20].

Ein wesentlicher Aspekt sowohl bei der Ausbildung von jungen Nachwuchskräften als auch bei den Forschungaktivitäten ist die Gesamtbetrachtung von Wechselwirkungen und Mechanismen in den neu entstehenden Material-/Prozessketten im Sinne eines geschlossenen Recyclingkreislaufs, welche auch die Erforschung und das Verständnis des Einflusses der Chemie der neuartigen Feuerfestwerkstoffe auf die Einschlussspopulation der durch die metallurgischen Prozesse generierten metallischen Proben impliziert. Die Chemie, Anzahl und Geometrie der Einschlüsse beeinträchtigen einerseits die mechanischen Endeigenschaften (Festigkeit, Duktilität, Ermüdungsverhalten) der Metallkomponenten, andererseits kann eine zusätzliche Nachbearbeitung zur Entfernung kritischer Einschlüsse an der Metalloberfläche die gesamte  $\text{CO}_2$ -Bilanzierung belasten.

### **Kernidee I: Feuerfest-Rezyklate für neuartige Feuerfestwerkstoffe unter der Nutzung von umweltfreundlichen Bindemitteln**

Im Fokus der Kernidee I steht der Einsatz von Feuerfest-Rezyklaten für die Erforschung neuartiger, umweltfreundlicher Feuerfestwerkstoffe am Beispiel der  $\text{MgO}$ -C-Rezyklate als Pfannen- oder Konvertersteine in der Sekundärmetallurgie bzw. die Erforschung neuartiger Schlüsselbauteile wie Ausgussdüsen, Stopfen oder Tauchausgüsse für den Stahl-Strangguss am Beispiel der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -C-Rezyklate. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Nutzung von pech- und harzfreien umweltfreundlichen Bindemittelsystemen (bei Pechen ca. 85

% C-Anteil und bei Harzen ca. 60 % C-Anteil nach der Verkokung) vordergründig auf Protein-Basis bzw. Kohlenstoffhydrat-Basis, z. B. bei der Nutzung und Funktionalisierung von Gelatine (in [NOW14] wird verkokte Gelatine mit einem C-Anteil über 65 % für Batterieelektroden demonstriert) und/oder Tannin und Laktose-Basis (siehe u.a. SFB 920 [HIM18] mit einem C-Anteil nach der Verkokung von ca. 45 %). Dadurch soll einerseits die Umwelt weitgehend geschont, andererseits die Arbeitssicherheit im Labor, aber auch später in einer möglichen Implementierungsphase in der Industrie mit Hilfe von Demonstrator-Bauteilen deutlich erhöht werden.

Ein Feuerfestmaterial wird nach seinem Einsatz in der Stahlerzeugung gegenüber einem frischen Erzeugnis immer gewisse Veränderungen aufweisen, insbesondere hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung, des Anteils der Korngrenzen und der Porosität. Durch die stattgefundenen Wechselwirkungen mit korrosiven Medien können - chemisch betrachtet - gesättigte Zustände zu einer höheren Korrosionsbeständigkeit bei der Wiederverwendung beitragen, u. a. auch über eine zusätzliche Verdichtung des Gefüges. Die bereits bei hohen Temperaturen und in Kontakt mit aggressiven Medien eingesetzten Ausgangsrohstoffe können damit eine deutlich höhere chemische und funktionstechnische Kompatibilität in Wechselwirkung mit den eingesetzten Schlacken und Metallschmelzen aufweisen. Die Anzahl der Lebenszyklen des Feuerfestmaterials wird erhöht und dadurch ein höherer Reinheitsgrad beim metallischen Endprodukt erwartet. Andererseits können auch die bereits aufgenommenen Verunreinigungen die Reaktionsbereitschaft steigern und zur Bildung/Anstieg von schädlichen Einschlüssen/Verunreinigungen im metallischen Endprodukt führen. Weiterhin kann die Verdichtung der Ausgangsrohstoffe die thermophysikalischen Eigenschaften wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit verändern, was zur Veränderung des Wärmeaushalts der metallurgischen Aggregate führen kann. Die Veränderung der vorherrschenden Temperaturen bedeutet eine Verschiebung der oxidischen und sulfidischen Verteilungen, was sich im gesamten Reinheitsgrad widerspiegeln kann. Der Erfolg der Wiederverwendung für feuerfeste Auskleidungen hängt davon ab, ob mit einem vollständigen oder teilweisen Ersatz neuer Rohstoffe durch Rezyklate ebenfalls die erforderlichen Werkstoffeigenschaften, wie eine hohe Thermoschock- und Korrosionsbeständigkeit, eine ausreichende Kriechbeständigkeit oder ausreichende Anti-Clogging-Eigenschaften am Beispiel von Ausgüssen/Tauchausgüsse bei mindestens gleichbleibender Stahlqualität gewährleistet werden können.

Außerdem steht die Erforschung der Nutzung von weiteren, speziellen Rezyklaten, z. B. auf der Basis von Kohlenstofffaserverbundwerkstoffen aus der Automobil- oder Luft- und Raumfahrtindustrie im Fokus des Graduiertenkollegs [BAC20]. Recycelte Kohlenstofffasern oder Kohlenstofffaserstrukturen können einerseits als Ersatz von jungfräulichen Graphitflocken eingesetzt werden, andererseits können sie durch eine Oberflächenfunktionalisierung zu einer Verbesserung der thermomechanischen Eigenschaften beitragen.

### **Kernidee II: Feuerfest-Rezyklate für neuartige, metallokeramische Verbundwerkstoffe für $\text{CO}_2$ -ärmere metallurgische Prozesse am Beispiel Aluminiumschmelzflusselektrolyse**

Laut der Prognose der Gesellschaft European-Alumini-

um (2019) wird der Aluminium-Bedarf bis 2050 um 50 % steigen. Die Aluminiumschmelzflusselektrolyse ist einer der energieintensivsten metallurgischen Prozesse mit hohem Verbrauch an Kohlenstoffanoden. Die Erforschung von inerten, kohlenstofffreien Anoden ist daher bei steigender Aluminiumproduktion (im Jahr 2019 war sie für 0,6 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent verantwortlich) von entscheidender Bedeutung [HAR20]. Darüber hinaus haben inerte, kohlenstofffreie Elektroden eine signifikantere Auswirkung im ökologischen Sinne nicht nur wegen der CO<sub>2</sub>-Entschärfung, aber auch insbesondere wegen der kompletten Vermeidung

von Perfluorkohlenwasserstoffen (CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>), welche einen deutlich größeren Schaden in der Atmosphäre im Vergleich zu CO<sub>2</sub> verursachen [SOL18]. Perfluorkohlenwasserstoffe werden an Kohlenstoffanoden generiert, wenn der Oxidgehalt des Elektrolyten zu gering ist. Inerte Elektroden brauchen einen Elektrolyten mit deutlich höherem Oxidgehalt, damit sich die Elektroden nicht selbst verbrauchen.

Inerte Anoden wurden in den letzten Jahrzehnten intensiv untersucht. Kupfer/Nickel/Eisen-Legierungen bzw. ihre Oxide sind potenzielle Werkstoffkandidaten, da einerseits eine hohe Leitfähigkeit und andererseits eine ausreichende Passivierung über die in-situ Bildung von Spinellen auf der Basis von Nickerferriten für eine hohe Lebensdauer im aggressiven Elektrolytbad gewährleistet wird [YIN20]. Dennoch werden diese Werkstoffe bei niedrigeren Temperaturen und angepasstem Elektrolytsystem eingesetzt [HEL18].

Im Rahmen des Graduiertenkollegs soll ein neuer Ansatz auf der Basis von grobkörnigen MgO-Rezyklaten und Cr-Ni-Stahl erforscht werden. Als Fertigungsroute steht die Pulvermetallurgie im Vordergrund. Über die Grobkörnigkeit wird eine geringe Schwindung während der Sinterung erwartet [ZIE18], und die Passivierung in Aluminium-Schmelzen wurde bereits mit einer Voroxidierung am Beispiel von feinkörnigen MgO/Stahl-Proben durch die gezielte Bildung von Spinellen erreicht [MAL20], [PAT1], [PAT2]. Der Beitrag von Ni/NiO/TiO<sub>2</sub>-Zusätzen steht u. a. im Fokus der Erforschung zur Erreichung einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit bei den grobkörnigen, metallokeramischen Verbundwerkstoffen [PAT3]. Eine weitere interessante Variante zur Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit ist die Nutzung von MgO-C-Rezyklaten und die Generierung von MAX-Phasen u.a. auf der Basis Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> oder Ti<sub>2</sub>AlC während des Sinterbrands.

Die Kollegiatinnen und Kollegiaten erforschen **die Symbiose unterschiedlicher Materialklassen auf Rezyklat-Basis** am Beispiel kohlenstoffgebundener Erzeugnisse (MgO-C / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C) und metallokeramischer Verbundwerkstoffe (MgO-Stahl) und vertiefen sich in grundlegenden werkstoff- und verfahrenstechnischen Konzepten in der Mikrostruktur-(Werkstoffdesign) und Makrostrukturentwicklung (Verbundwerkstoff bzw. Werkstoffverbund) für gezielte Anwendungsumgebungen in der Stahl- und Aluminiummetallurgie, unterstützt durch die Modellierung in der Thermodynamik bzw. in der Thermomechanik. Dies beinhaltet u. a. drei Erforschungs- und Ausbildungsebenen, a) die Herstellung von funktionalisierten Werkstoffen auf Rezyklat-Basis, b) die Er-



Abb. 1: Erforschungs- und Ausbildungsebenen

fassung von deren Eigenschaften und deren Wechselwirkung mit den metallischen Schmelzen in labortechnischen Anlagen und c) die gezielte Auswahl von maximal drei Grundlagenkonzepten und deren Überführung zu Demonstrator-Bauteilen, um mit Unterstützung des Industriebeirats Aspekte einer anwendungsorientierten Grundlagenforschung am Beispiel einer Post Mortem Analyse bzw. eines Life Cycle Assessments zu reflektieren, Abb. 1. Dies beinhaltet auch einerseits das Studium der Technologie vom Pulver bis zum Bauteil, andererseits das Verständnis eines breiten Eigenschaftsspektrums in unterschiedlichen Skalengrößenordnungen, als Basis für ein zukünftiges Innovationswerkzeug zur Einstellung von maßgeschneiderten Eigenschaften in Hochtemperaturanwendungen. Hierfür können zu einem späteren Zeitpunkt gezielt DFG-Transferprojekte als anwendungsorientierte Grundlagenforschung in enger Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des Industriebeirats beantragt werden.

Die Innovationskraft des Graduiertenkollegs beruht auf den beteiligten, forschungsstarken, bereits vernetzten Professuren aus drei Fakultäten, die für die fachübergreifende Forschung des Graduiertenkollegs bewusst zusammengeführt worden sind und seit dem 01.03.2021 gebündelt im Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffumwandlung **ZeHS** kooperieren.

Die vernetzte Expertise der bewusst ausgewählten, an den bereits abgeschlossenen (SPP 1418, SFB 799) und laufenden DFG-Großforschungsvorhaben (SFB 920, FOR 3010) beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TU Bergakademie Freiberg garantiert eine zielgerichtete und qualitativ hochwertige Promotionsausbildung von Kollegiatinnen und Kollegiaten mit bereits erfolgreich etablierten Methoden mittels spezieller, an der TU BAF vorhandener Geräte. Diese sind für die Erforschung der neuartigen Werkstoffe a) auf Kohlenstoffbasis (umweltfreundliche Bindemittel mit Rezyklaten) bzw. b) für die metallokeramischen Verbundwerkstoffe als kohlenstoffförmere bzw. kohlenstofffreie Anodenmaterialien (MgO-Rezyklat mit Stahl und weiteren Zusätzen) eine vielversprechende und fokussierte Ausgangsbasis, sowohl für die Rekrutierung von exzellenten Doktorandinnen und Doktoranden als auch für die tiefgründige wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einer komplexen Materie der Gegenwart und der Zukunft, im Sinne einer Ressourcen-Universität und einer Ressourcen-Gesellschaft.

**Erste fünfjährige Förderperiode,  
12 Promotionsprojekte,  
24 Promotionsstellen in zwei Kohorten**

**Promotionsprojekt P1** (Prof. Aneziris, PD Gehre, Dr. Hubálková)

Umweltfreundliche Bindemittel für  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -C- und MgO-C-Erzeugnisse auf Rezyklat-Basis mit speziellen thermomechanischen, chemischen und Anti-Clogging-Eigenschaften.

**Promotionsprojekt P2** (Prof. Biermann, PD Weidner)

Mechanische Hochtemperatur-Eigenschaften kohlenstoffgebundener  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -C und MgO-C aus Feuerfest-Rezyklaten.

**Promotionsprojekt P3** (Prof. Fieback, Dr. Wulf)

Wärmeleitfähigkeit von funktionalisierten Werkstoffen auf Rezyklat-Basis.

**Promotionsprojekt P4** (Prof. Volkova)

Wechselwirkungen von Elektrostählen mit MgO-C-Erzeugnissen auf der Basis von Rezyklaten und umweltfreundlichen Bindemitteln.

**Promotionsprojekt P5** (Prof. Volkova)

Erforschung der Auswirkung von MgO-C-Erzeugnissen auf der Basis von Rezyklaten und umweltfreundlichen Bindemitteln auf den sulfidischen Reinheitsgrad der Stähle und die Spinell-Bildung.

**Promotionsprojekt P6** (Prof. Kiefer)

Modellierung und Bewertung des thermomechanischen Verhaltens von MgO-C- und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -C-Werkstoffen auf Rezyklat-Basis und der Nutzung umweltfreundlicher Bindemittel.

**Literaturverzeichnis**

[ANE08] Aneziris, C.G.: Bridging of Material Disciplines for Refractory Innovation, 4. Mitgliederversammlung MORE-Freiberg e.V., Freiberg 14.10.2008

[BAC20] Bach, M., Gehre, P., Biermann, H., Aneziris, C.G.: Recycling of carbon fiber composites in carbon-bonded alumina refractories, Ceramics International, 46 (2020), 12574-12583

[CER12] Cerame-Unie: Unser Weg ins Jahr 2050. Fahrplan der Keramikindustrie, Cerame-Unie A.I.S.B.L., The European Ceramic Industry Association, 2012

[FRO11] Frondel, M., Halstrick-Schwenk, M., Janßen-Timmen, R., Ritter, N.: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft - Monitoringbericht 2010: Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Bericht des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, September 2011

[HAR20] Haraldsson, J.: Improved Energy Efficiency in the Aluminium Industry and its Supply Chains, Linköping Studies in Science and Technology. Dissertation No. 2063, 2020

[HEL18] Helle, S., Davis, B., Guay, D., Roue, L.: Ball-milled Cu-Ni-Fe-O materials as inert anodes for aluminum electrolysis in low-temperature KF-AlF<sub>3</sub> electrolyte. Light Metals (2018), 1377-1380

[HIM18] Hincinschi, C., Biermann, C., Storti, E., Dietrich, B., Wolf, G., Kortus, J., Aneziris, C.G.: Innovative carbon-bonded filters based on a new environmental-friendly binder system for steel melt filtration, Journal of the European Ceramic Society, 38 (2018) 16, 5580-5589

[HOR19] Horckmans, L., Nielsen, P., Dierickx, P., Ducastel, A.: Recycling of refractory bricks used in basic steelmaking, Resources, Conservation and Recycling, 140 (2019), 297-304

[MAL20] Malczyk, P., Zienert, T., Kerber, F., Weigelt, Ch., Sauke, S.O., Semrau, H., Aneziris, C.G.: Corrosion resistant steel-MgO composites as refractory materials for molten aluminium alloy, Materials, 13 (2020), art. no. 4737

[NOW14] Nowak, A.P.: Trzciński, K., Lisowska-Ole, A., Electrochemical characterization of gelatine derived ceramics, Advanced in Materials Science, 14 (2014), 75-81

[PAT1] DE 10 2020 005 130.8, Aneziris, C.G., Volkova, O., Charitos, A.: "Kohlenstofffärmerre und kohlenstofffreie Elektroden-Wabenkörper-Werkstoffverbunde für den Einsatz in der Metallurgie", Deutsche Patentanmeldung am 21.08.2020

[PAT2] DE 10 2020 005 129.4, Aneziris, C.G., Volkova, O.: "Kohlenstofffärme und kohlenstofffreie Elektroden für den Einsatz in der Stahlmetallurgie", Deutsche Patentanmeldung am 21.08.2020

[PAT3] WO 2018/087224, Aneziris, C.G., Gehre, P., Dudczig, S.: "Verbundwerkstoff aus Metall und Keramik und Verfahren zu dessen Herstellung", Internationale Patentanmeldung am 09.11.2017

[SOL18] Solheim, A.: Inert Anodes - The Blind Alley to Environmental Friendliness?, Light Metals 2018, 1253-1260

[SZE07] Szednyj, I., Brandhuber, D.: Stand der Technik zur Kalk-, Gips und Magnesiaherstellung Beschreibung von Anlagen in Österreich, Umweltbundesamt 2007

[WYN18] Wyns, T., Khandekar, G., Robson, I.: Industrial Value Chain: A Bridge Towards a Carbon Neutral Europe, Institute for European Studies, September 2018

[YIN20] Ying, L., Dengpeng, Ch., Wei, W., Dongsheng, L., Junwei, W., Yudong, L., Zhirong, S.: Influences of heat treatment on the oxidation and corrosion behavior of Cu/Ni/Fe inert anodes for aluminium electrolysis, Journal of Alloys and Compounds, 832 (2020), art. no. 154848

[ZIE18] Zienert, T., Farhani, M., Dudczig, S., Aneziris, C.G.: Coarse-grained refractory composites based on Nb-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Ta-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> castables, Ceramics International, 44 (2018), 16809-16818

[ZHA20] Zhang, R.: Recycling of refractory materials in ferrous and non-ferrous metallurgy as well as in glass, ceramic and cement industries: prospects and limitations, Master Thesis, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Keramik, Feuerfest und Verbundwerkstoffe, 2020

**Promotionsprojekt P7** (Prof. Aneziris, Dr. Hubálková, PD Gehre)

Metallokeramische Verbundwerkstoffe aus MgO- oder MgO-C-Rezyklaten in Kombination mit Stahl und weiteren Zusätzen als inerte bzw. kohlenstofffärmerne Anoden in der Aluminiumschmelzflusselektrolyse.

**Promotionsprojekt P8** (Prof. Rafaja)

Mikrostrukturdesign von Verbundwerkstoffen durch FAST/SPS.

**Promotionsprojekt P9** (Prof. Kortus)

Ramanspektroskopische und elektrische Charakterisierung von funktionalisierten Werkstoffen auf Rezyklat-Basis.

**Promotionsprojekt P10** (Prof. Charitos)

Untersuchung von neuen kohlenstofffreien Materialien als inerte Anoden bei der Aluminiumschmelzflusselektrolyse.

**Promotionsprojekt P11** (Prof. Charitos)

Untersuchung des Kohlenstoffoxidationswiderstandes und des Verhaltens von kohlenstoffarmen Anoden bei der Aluminiumschmelzflusselektrolyse.

**Promotionsprojekt P12** (Prof. Biermann, PD Weidner)

Mechanische Hochtemperatur-Eigenschaften von feuerfesten Sinter-Verbundwerkstoffen auf der Basis von grobkörnigem MgO bzw. MgO-C und austenitischem Stahl.

# Das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS)

## Ein Integrationspunkt für interdisziplinäre Zusammenarbeit

Dirk C. Meyer<sup>1</sup>, Theresa Lemser<sup>2</sup>



Foto: Konstantin Börner

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ZeHS im täglichen Austausch

Am ZeHS ist nunmehr der Alltag eingezogen. Dies bedeutet, dass alle wesentlichen Installationen abgeschlossen sind und ganz überwiegend junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einem gemeinsamen Umfeld mit Unterstützung der Erfahrungsträger forschen. Eine Frage hinsichtlich der Auslegung des Hauses war, ob man fachlich orientierte Nähe organisieren soll. Dies erwies sich zum einen als herausfordernd, und die Gestalterinnen und Gestalter fanden bald Gefallen daran, eine fachlich übergreifende Nachbarschaft zuzulassen und darin besondere Chancen zu sehen. Nunmehr gibt es auch Lob bezüglich dieser interdisziplinären Nähe. So hört man etwa im Vorbeigehen "Könntest Du nicht mal schnell meine Probe unter Dein Mikroskop legen?".

Wie kann das Ganze weiter genährt werden? Neben den an anderer Stelle in dieser Schrift dargelegten Instrumenten gibt es das Bestreben, einen Überblick über alle Aktivitäten zu nehmen und Zusammenarbeit zusätzlich zu fördern.

In Anbetracht der täglichen Abläufe erscheinen Frau Dr. rer. nat. Barbara Abendroth, Referentin Frau Ass. iur. Theresa Lemser sowie der für die technischen Abläufe des Hauses Verantwortliche, Sebastian Schrenk, mit weiteren Unterstützerinnen als ein ideales Team. Ein Dank geht hier an die Universitätsleitung.

Nachdem zielgerichtet gemeinsam zu den Forschungsthemen gearbeitet wird, entstehen laufend neue Gedanken. Für einen Wissenschaftlichen Sprecher und sein Umfeld liegt die besondere Herausforderung darin, den Förderzweck im

Blick zu behalten und zugleich wissenschaftliche Freiheit einzuräumen. Dies ist ein Ausdruck zum Tagesgeschäft der Beteiligten, eine schöne Aufgabe und stetes Angebot, zu unterstützen. Im Hause stehen entsprechend die Türen offen; Ziel ist, regen Austausch zu fördern und auch diesbezüglich zu vermitteln.

Mit der Förderung für das ZeHS wurden hinsichtlich der Infrastruktur hervorragende Voraussetzungen geschaffen, nun gilt es, die auch im internationalen Maßstab hochrangigen Anlagen durch hervorragendes Fachpersonal in bester Weise zu nutzen. Ausgesprochen erfreulich ist in diesem Zusammenhang, dass es gelang, mehreren Juniorprofessorinnen und Juniorprofessoren sowie ihren Arbeitsgruppen im Haus ein ausgezeichnetes Betätigungsfeld zu bieten.

Das ZeHS ist als öffentliches Gebäude der Universität für alle Interessierten erfahrbar und der schöne Sinn wissenschaftlicher Arbeit somit auch laufend zu erleben. Alle Leserinnen und Leser sind herzlich eingeladen, das Gebäude zu erkunden und den Geist des Hauses kennenzulernen. Dabei ist sicher Vieles über die bereits erzielten Ergebnisse zu erfahren, so auch zu einer aus dem ZeHS heraus erfolgten Unternehmensgründung, die zukünftig das Freiberger Umfeld prägen kann.

1 Prof. Dr. Dirk C. Meyer, Wissenschaftlicher Sprecher des ZeHS, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg, Direktor des Instituts für Experimentelle Physik, Leipziger Straße 23, 09599 Freiberg

2 Ass. iur. Theresa Lemser, Referentin des ZeHS, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg

# Virtuell oder doch real?

## Das Behavioral Research Lab an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Alexander Leischnig, Jutta Stumpf-Wollersheim



Erprobung einer Mixed Reality-Brille im Rahmen des Fakultätstages

Warum sind manche Unternehmen innovativer als andere? Wie können Unternehmen neue Technologien nutzen, um innovativer zu werden? Können zu viele digitale Technologien bei Nutzerinnen und Nutzern „Technostress“ verursachen? Die Beantwortung dieser und zahlreicher weiterer Fragestellungen stellt Unternehmen in verschiedenen Branchen vor enorme Herausforderungen. Um die Praxis bei der Bewältigung dieser Herausforderungen durch die Bereitstellung gesicherter Erkenntnisse auf Basis solider Studien unterstützen zu können, bauen Alexander Leischnig, Inhaber der Professur für Business-to-Business Marketing, und Jutta Stumpf-Wollersheim, Inhaberin der Professur für Internationales Management und Unternehmensstrategie, ein Labor zur Durchführung experimenteller, verhaltenswissenschaftlicher Untersuchungen auf.

Experimente stellen State-of-the-Art Verfahren zur Überprüfung von Ursache-Wirkungsbeziehungen dar und werden in zahlreichen Disziplinen eingesetzt. In der Volkswirtschaftslehre haben experimentelle Untersuchungen eine lange Tradition. Inzwischen sind sie auch in der Betriebswirtschaftslehre in verschiedenen Fachbereichen verbreitet. So werden experimentelle Studien beispielsweise genutzt, um Reaktionen von Personen in Kauf- und Konsumsituationen (z. B. Konsumentenverhalten) oder organisationalen Kontexten (z. B. Verhaltensweisen bei der Entscheidung in Unternehmen) zu erklären. Ein wesentlicher Vorteil experimenteller Untersuchungen unter Laborbedingungen ist es, verschiedene Faktoren kontrollieren zu können. Es können dadurch alternative Erklärungsansätze für einen gefundenen Effekt ausgeschlossen werden, weshalb sich Laborexperimente durch eine hohe interne Validität auszeichnen. Das in Freiberg entstehende Behavioral Research Lab bietet eine Infrastruktur, welche ein flexibles Design aufweist und Gestaltungsspielraum zur Durchführung von Studien verschiedener Art bietet. So sind beispielsweise offline- oder online-basierte Studien als Individual- oder auch als Gruppenstudien möglich. Hierfür stehen 16 flexible Arbeitsplätze sowie ein

Administrator-Platz zur Verfügung. Eine umfassende Sensorik (z. B. zur Blickregistrierung und Vitaldatenmessung) und digitale Technologien (z. B. Mixed Reality-Brillen) erlauben die Umsetzung innovativer Studiendesigns. Es können auf diese Weise neue Einblicke in (sozio-)psychologische Mechanismen und das Wie und Warum menschlichen Verhaltens gewonnen werden.

Das Behavioral Research Lab schafft eine Plattform für anwendungsoffene Grundlagenforschung, so dass Potenziale entstehen, um die Innovations- und Transferförderung weiter zu forcieren – innerhalb der Wirtschaftswissenschaften und gemeinsam mit den Profilfeldern Geo, Material, Energie und Umwelt. Das Labor bietet die Möglichkeit zur Kooperation

und Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg. So könnten etwa Entscheidungen in diversen profilbildenden Kontexten untersucht und beispielhafte Fragestellungen beantwortet werden wie: Warum entscheiden sich Menschen für (bzw. gegen) nachhaltige Produktdesigns? Wie kann für Technologien Akzeptanz bei verschiedenen Anspruchsgruppen geschaffen werden? Ein aktuell geplantes Projekt soll beispielsweise zu einem besseren Verständnis der Wahrnehmung, Beurteilung und Anwendung von digitalen Ressourcen in Unternehmen beitragen. Das Projekt geht der Frage nach, wie digitale Ressourcen in Unternehmen sinnvoll genutzt werden können, um die Innovativität von Unternehmen zu steigern.

Das Behavioral Research Lab soll darüber hinaus in die akademische Ausbildung eingebunden werden, um insbesondere die methodischen Kompetenzen Studierender und wissenschaftlicher Nachwuchskräfte weiter zu steigern. Es steht dabei nicht nur die Planung und Durchführung von Untersuchungen, sondern auch die aktive Teilnahme an Studien im Vordergrund. Hierdurch können die Struktur und die Prozesse eines Labors aus unterschiedlichen Perspektiven kennengelernt und individuelle Fähigkeiten bei der Durchführung empirischer Untersuchungen erweitert und vertieft werden.

Ein erster Überblick über die Aktivitäten des Behavioral Research Lab konnte während der Langen Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft im Juni und am Fakultätstag der Wirtschaftswissenschaften im Juli 2022 gewonnen werden. Bei beiden Veranstaltungen waren die Teams der beteiligten Professuren mit einem gemeinsamen Stand vertreten, der jeweils auf großes Interesse gestoßen ist. Zahlreiche Besucherinnen und Besucher haben die Möglichkeit genutzt, Mixed Reality-Brillen auszuprobieren und sich über das Behavioral Research Lab zu informieren. Einblicke in das volle Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten werden im Rahmen der geplanten Eröffnungsveranstaltung des Labors möglich sein.

### Kontakt

research-lab@bwl.tu-freiberg.de



# Studium

Exkursion ins Erzgebirge

# Weiterentwicklung des Studienangebots an der TU Bergakademie Freiberg

Swanhild Bernstein<sup>1</sup>, Ralf Hielscher<sup>2</sup>, Marcus Waurick<sup>3</sup>, Andreas Leineweber<sup>4</sup>

Im Jahr 2022 sind besonders die Fakultät für Mathematik und Informatik und die Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie hervorzuheben. Beide Fakultäten haben ihr Studienangebot erweitert.

Die Fakultät für Mathematik und Informatik hat zum Wintersemester 2022/23 zwei neue Studiengänge – den Bachelorstudiengang „**Mathematik in Wirtschaft, Engineering und Informatik**“ und den englischsprachigen Masterstudiengang „**Mathematics for Data and Resource Sciences**“ – eingeführt. Universelle mathematische Methoden spielen in allen Bereichen der Ingenieur-, der Wirtschaftswissenschaften und der Informatik eine herausragende Rolle. Ob autonomes Fahren, intelligente Materialien, nachhaltige Finanzprodukte oder Sprachassistenten

– Mathematik ist der Schlüssel zu vielen anderen Fachgebieten. Mathematische Methoden und Modelle ermöglichen es, Zusammenhänge und Abläufe zu beschreiben, zu analysieren und zu optimieren. Die qualifizierte Anwendung und stetige Weiterentwicklung solcher Methoden erfordert ein sowohl umfassendes als auch tiefgreifendes Verständnis mathematischer Theorien und Arbeitsweisen.

Um der Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten der Mathematik Rechnung zu tragen, wurde der bisherige Bachelorstudiengang „Wirtschaftsmathematik“ mit der Einführung des Bachelorstudiengangs „**Mathematik in Wirtschaft, Engineering und Informatik**“ thematisch erweitert und aufgewertet. Ziel des Bachelorstudiengangs „Mathematik in Wirtschaft, Engineering und Informatik“ ist die Vermittlung abstrakter mathematischer Theorien und Modelle sowie Methoden für deren Anwendung auf praxisrelevante Probleme. Gerade die Fähigkeit komplexe fachspezifische Probleme in kleine, abstrakte und lösbare Teilprobleme zu zerlegen, bietet den Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs vielfältige Beschäftigungsaussichten in Wirtschaft und Forschung. Im Rahmen der Pflichtvorlesungen erhalten die Studierenden eine solide und breite Ausbildung in allen mathematischen Teilgebieten. Dank einer sehr flexiblen Studienordnung können die Studierenden nicht nur

zwischen den Anwendungsfächern „Wirtschaft“, „Engineering“ oder „Informatik“ wählen, sondern auch die mathematischen Module passend zu den eigenen Interessen belegen. Ergänzt wird das Studium durch eine umfassende Informatikausbildung, welche der Tatsache Rechnung trägt, dass mathematische Methoden in Anwendungen fast ausschließlich in Form von Software realisiert werden.

Auch der englischsprachige Masterstudiengang „**Mathematics for Data and Resource Sciences**“ knüpft an dieses Konzept an, wenngleich auf einem fortgeschrittenen Niveau. Nicht nur Grundlagenforschung sondern auch moderne Industrieunternehmen oder angewandte Forschung erfordern komplexe mathematische Fähigkeiten. Nur mit einem qualifizierten Einsatz mathematischer Methoden können die Daten und Inhalte erfasst, quantifiziert und sachgerecht beurteilt werden. Basierend auf einem hervorragenden mathematischen Fundament, das idealerweise in einem allgemeinbildenden Bachelorstudiengang Mathematik gelegt wurde, fokussiert der Studiengang „Mathematics for Data and Resource Sciences“ auf Methoden und Techniken, um die komplexen Herausforderungen unserer heutigen Industrie, Wirtschaft und Gesellschaft zu verstehen und mathematisch angehen zu können. Daher werden Kompetenzen zur Abstraktion, zur Ausnutzung vorhandener Ergebnisse, für deren Weiterentwicklung oder Anwendung, zur Analyse von Sachverhalten hinsichtlich mathematisch beschreibbarer Strukturen und anschließender mathematischer Modellierung vermittelt. Letztlich sollen Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs mathematische Verfahren für komplexe Probleme auch in computergestützte Verfahren (Software) transformieren können.

Werkstoffe spielen eine sehr große Rolle in unserem Leben – Hochleistungsstähle im Automobil können im Notfall unser Leben retten, Leichtbauwerkstoffe sparen viele Millionen Tonnen Erdöl, moderne Kommunikationssysteme wären ohne Hochleistungswerkstoffe nicht denkbar. Um diese Produkte erzeugen zu können, bedarf es eines umfassenden Wissens um die Werkstoffe und deren Herstellung. Daher widmen sich die Studiengänge der Fakultät

für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie der Entwicklung, Herstellung, Verarbeitung, Veredelung, Charakterisierung und Prüfung innovativer Materialien (vornehmlich metallische Werkstoffe, Hartstoffe, Halbleiter- und Sensormaterialien) unter anwendungsnahen Bedingungen. Im Sinne eines aktuellen Studienangebots der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie wird der bisherige Diplomstudiengang „Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie“ nun unter dem Titel „Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie“ fortgeführt. Zusätzlich erfolgt unter dem neuen Namen auch die Einführung des zweistufigen Bachelor- (ab Wintersemester 2022/23) und Mastermodells (ab Sommersemester 2023). Je nach thematischer Ausrichtung (Werkstoffwissenschaft, Werkstofftechnik, Gießereitechnik, Umformtechnik, Nichteisenmetallurgie, Stahltechnologie) wird in diesen Studiengängen die Vermittlung von Wissen zur inneren Struktur der Werkstoffe, zu den Werkstoffeigenschaften und deren Anwendungsmöglichkeiten mit dem zu Herstellungstechnologien verknüpft. Im Verlauf des Studiums wird die gesamte Wertschöpfungskette von der Werkstofferzeugung über die Nutzung bis hin zum Recycling betrachtet, um die Erlangung von Kenntnissen im Sinne einer nachhaltigen Verwendung unserer Rohstoffe – auch der Sekundärrohstoffe bei der Wiederverwertung – umfassend sicherzustellen.

Die neuen Studienangebote beider Fakultäten zeigen in besonderer Weise, dass alle Wissenschaftsgebiete der TU Bergakademie Freiberg miteinander verbunden sind. Mit diesem integrativen System tragen auch unsere Studiengänge zur Erfüllung unseres gesellschaftlichen Auftrags als Ressourcenuniversität bei, die wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen der Ressourcenwende anzugehen, um eine nachhaltige, umwelt- und sozialverträgliche Rohstoff- und Energiewirtschaft zu schaffen.

1 TUBAF, Prorektorin Bildung.

2 TUBAF, Professur für Signal- und Bildverarbeitung.

3 TUBAF, Professur für Partielle Differentialgleichungen.

4 TUBAF, Professur für Angewandte Werkstoffwissenschaft

# 5 Jahre SINReM

Charlotte Ashworth-Güth, Gero Frisch



**SINReM**  
INTERNATIONAL MSc

SINReM, Sustainable and Innovative Natural Resource Management, ist ein Masterstudiengang der Universitäten in Gent (Belgien), Uppsala (Schweden) und Freiberg, der sich mit Technologien entlang der gesamten Prozesskette metallischer/mineralischer Rohstoffe, mit Kreislaufwirtschaft und mit wirtschaftlich-unternehmerischen Aspekten beschäftigt. SINReM ist ein Joint Master of Science Studiengang: der Abschluss wird also von allen drei Universitäten gleichberechtigt vergeben. Der Studiengang hat eine EIT-Zertifizierung, ist Teil des Erasmus Mundus Joint Master Degree Stipendienprogramms der EU und beantragt derzeit eine europäische Akkreditierung.

Vor etwa 5 Jahren fuhren 5 Studierende mit einem Mietwagen von Gent in Belgien zu uns nach Freiberg, um hier die erste SINReM Lehrveranstaltung der Bergakademie zu besuchen. „Problems and Innovations in the Process Chain of Mineral Resources“ hieß der damals zweiwöchige Blockkurs, der den Studierenden einen Überblick über alle Schritte der Prozesskette mineralischer Rohstoffe verschaffen sollte. „In Freiberg haben wir die gesamte Prozesskette“ war eines der Argumente, diesen Teil des Studiengangs bei uns zu unterrichten. Die Studierenden kamen hier pünktlich zum Weihnachtsmarkt in verschneiter Landschaft an. Lediglich die „Allwetterreifen“, die von der belgischen Autovermietung für ausreichend befunden worden waren, machten gewisse Schwierigkeiten.

Seit diesem ersten Jahrgang mit wenigen, recht kurzfristig rekrutierten Studierenden sind fünf Jahre vergangen. Inzwischen hat SINReM stabil etwa 25 Studienanfänger aus allen Teilen der Welt (Abb. 1) und viele Kinderkrankheiten des Studiengangs sind überwunden. Wir möchten die Gelegenheit daher nutzen, SINReM hier vorzustellen und auf die vergangenen Jahre zurückzublicken.

## Wie alles begann

Die Notwendigkeit zur Weiterentwicklung der Rohstoffindustrie in Richtung einer

Kreislaufwirtschaft, zum Schutz unserer wertvollen natürlichen Ressourcen, ist weitgehend wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Konsens. Um entsprechende Prozesse zu entwickeln, ist ein ganzheitliches Verständnis der gesamten Prozesskette, inklusive ökologischer, sozialer, wirtschaftlicher und legislativer Aspekte unabdingbar. Entsprechend groß ist das Interesse an den dafür nötigen Bildungs- und Ausbildungsangeboten. Klassische MINT-Studiengänge konzentrieren sich auf wissenschaftlich-technologische Aspekte eines bestimmten Fachgebiets. Ein Verständnis der breiteren Zusammenhänge entsteht oft erst durch langjährige Berufserfahrung. Die EU fördert daher – neben der klassischen Ausbildung von Spezialisten – Studiengänge für sogenannte „T-Shaped Professionals“. Dies sind Personen, die nicht nur Spezialwissen in einem Fachgebiet haben (senkrechter Strich des „T“), son-

dern zumindest ein Grundverständnis anderer, für ihr Aufgabenfeld relevanter Disziplinen mitbringen (Querbalken des „T“).

Im Jahr 2014 führten auch Prof. Gijs Du Laing (Universität Gent), Prof. Göran Lindström (Universität Uppsala) und Dr. Kristina Wopat (TU BA Freiberg) diese Diskussion in der Education Planning Group eines großen Projektkonsortiums, das noch im selben Jahr zum EIT Raw Materials werden sollte. Gesucht wurde ein Studiengang, der zumindest im Kern im MINT-Bereich verortet ist, aber einen ganzheitlichen Blick auf Prozessketten und Materialkreisläufe insbesondere metallischer und mineralischer Rohstoffe liefert und gleichzeitig wirtschaftlich-unternehmerische Aspekte vermittelt.

Die grobe Aufgabestellung war recht schnell klar, die Details gestalteten sich allerdings deutlich schwieriger. Bereits der Name des Studiengangs war nicht leicht zu finden, da dieser das breite Spektrum der Inhalte irgendwie widerspiegeln sollte. Heraus kam der – zugegebenermaßen etwas sperrige – Titel „Sustainable and Innovative Natural Resource Management“. Das Akronym SINReM geht jedoch deutlich leichter von der Zunge.

Die eigentlichen Herausforderungen fingen damit aber erst an. Es sollte ein Joint Master Studiengang werden, d.h. dass die drei Partneruniversitäten etwa gleichberechtigt im Studiengang vertreten sind und auch der Abschluss gleichberechtigt von allen drei Unis vergeben wird. Hierzu musste ein Konstrukt geschaffen werden, das den organisatorischen und legislativen Randbedingungen der Partner entspricht. Bereits ein kurzer Blick auf die akademischen Kalender (in Uppsala beginnt das Herbst/Wintersemester im August, in Gent im September und in Freiberg im Oktober) zeigt, dass dies nicht einfach werden sollte.

In Freiberg mussten außerdem noch Personen gefunden werden, die den Studiengang ausgestalten und umsetzen. Hier musste Dr. Kristina Wopat einiges an Überzeugungsarbeit leisten: wer nur ein bisschen Erfahrung mit der Planung und Organisation von Studiengängen

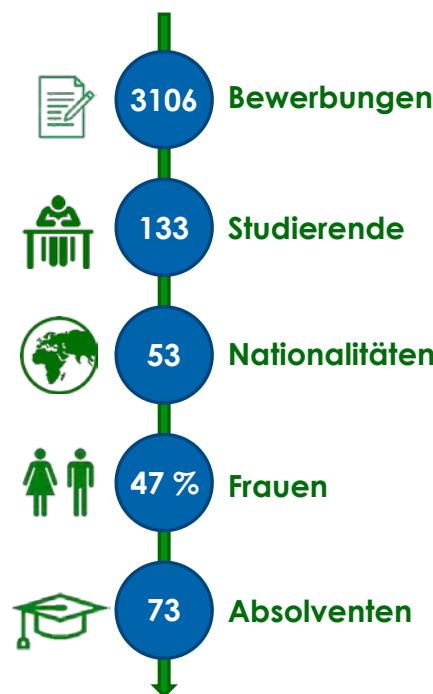


Abb. 1: Zahlen zum SINReM Studiengang 2017 bis 2022

hatte, sah sofort, dass hier eine gewaltige Aufgabe wartete. Das Kernteam bildeten zunächst Prof. Martin Bertau als Studiendekan und die beiden Autoren dieses Artikels als Organisatoren. Seither sind noch Dr. Ines Aubel und Prof. Sabrina Hedrich dazugekommen, sodass sich die Arbeit immerhin auf einige Schultern verteilt. Wir gründeten eine Studienkommission, erstellten eine Studien- und Prüfungsordnung und arbeiteten mit den Partnern zusammen, um die Regularien der drei Universitäten unter einen Hut zu bringen.

Hinzu kamen Anforderungen des EIT-Labels, das Voraussetzung für die finanzielle Förderung durch das EIT Raw Materials war, sowie des Erasmus Mundus Joint Master Degree (EMJMD) Programms der EU, aus dem wir Stipendien beantragen wollten. Insgesamt waren also die Regularien von fünf Parteien zu berücksichtigen, die auf den ersten Blick völlig inkompatibel erschienen. Dennoch war es im Sommer 2017 so weit: in den drei Universitäten waren die formalen Hürden überwunden, das EIT-Label war beantragt und für den Antrag auf EMJMD-Stipendien gab es zumindest konkrete Vorstellungen. Die akademische Leitung und Gesamtorganisation des Studiengangs hatte glücklicher Weise die Uni Gent übernommen, die sich um Studienwerbung, Bewerbung, Zulassung, Versicherung, Visaprobleme und vieles mehr kümmerte.

*"EIT programmes like SINReM are particularly interesting for us because they foster entrepreneurship and innovation as well as having a strong technical component. These students are exactly the people we need for our company."*

Dr. Christina Meskers, senior manager Open Innovation, Firma Umicore (Belgien)

Wie so oft war alles in letzter Minute fertig geworden, sodass wir den ersten Jahrgang als Testlauf mit nur fünf europäischen Studierenden durchführten. Im Jahr 2018 ging es dann richtig los: erste Kinderkrankheiten wurden ausgebügelt, es gab Stipendien aus dem EIT-AVSA und dem EMJMD Programm und die Uni Gent bewarb SINReM auf Studienmessen von Südamerika bis Ostasien. Das Ergebnis waren über 500 Bewerbungen aus aller Welt, von denen 23 handverlesene Kandidaten im September mit dem SINReM Studium begannen.

### Der Studiengang

Der SINReM Studiengang ist in zwei Abschnitte geteilt (Abb. 2): im ersten Jahr werden die Grundlagen in Prozess-technologien gelegt, wobei entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Erkundung bis zum Recycling gelehrt

wird. Der Fokus liegt hierbei, wie im gesamten EIT Raw Materials, auf Mineralen und Metallen. Dies wird begleitet durch Kernpunkte der Kreislaufwirtschaft und ökonomisch-unternehmerische Aspekte. Hierbei ist die Uni Gent in erster Linie für Kreislaufwirtschaft und Recycling, die Uni Uppsala für Exploration und wirtschaftswissenschaftliche Themen und die TU BA Freiberg für Chemie und Prozesstechnologie zuständig. Dieses Programm durchlaufen alle Studierenden gemeinsam und verbringen dadurch auch mindestens 10 Wochen an jeder der drei SINReM Universitäten.

Das Jahr beginnt mit einer Einführungswoche in Gent, gefolgt von einem dreiwöchigen Blockkurs „Problems and Innovations in the Process Chain of Mineral Resources“ in Freiberg, bei dem die gesamte Prozesskette durch Vorlesungen und Führungen in insgesamt 13 Instituten der Fakultäten 2 bis 6 vorgestellt wird (Abb. 3). Begleitet wird der Kurs von Übungen, um chemische Grundlagen zu stärken und ein einheitliches Niveau des Vorwissens zu erreichen. Danach folgt ein Herbstsemester in Gent und ein Frühlingssemester in Uppsala. Am Ende des ersten Studienjahres sind die Studierenden für den siebenwöchigen Blockkurs „Resources Chemistry“ zurück in Freiberg. Hier beleuchten wir moderne Prozesstechnologien nicht nur theoretisch. Die Studierenden absolvieren zehn Prakti-

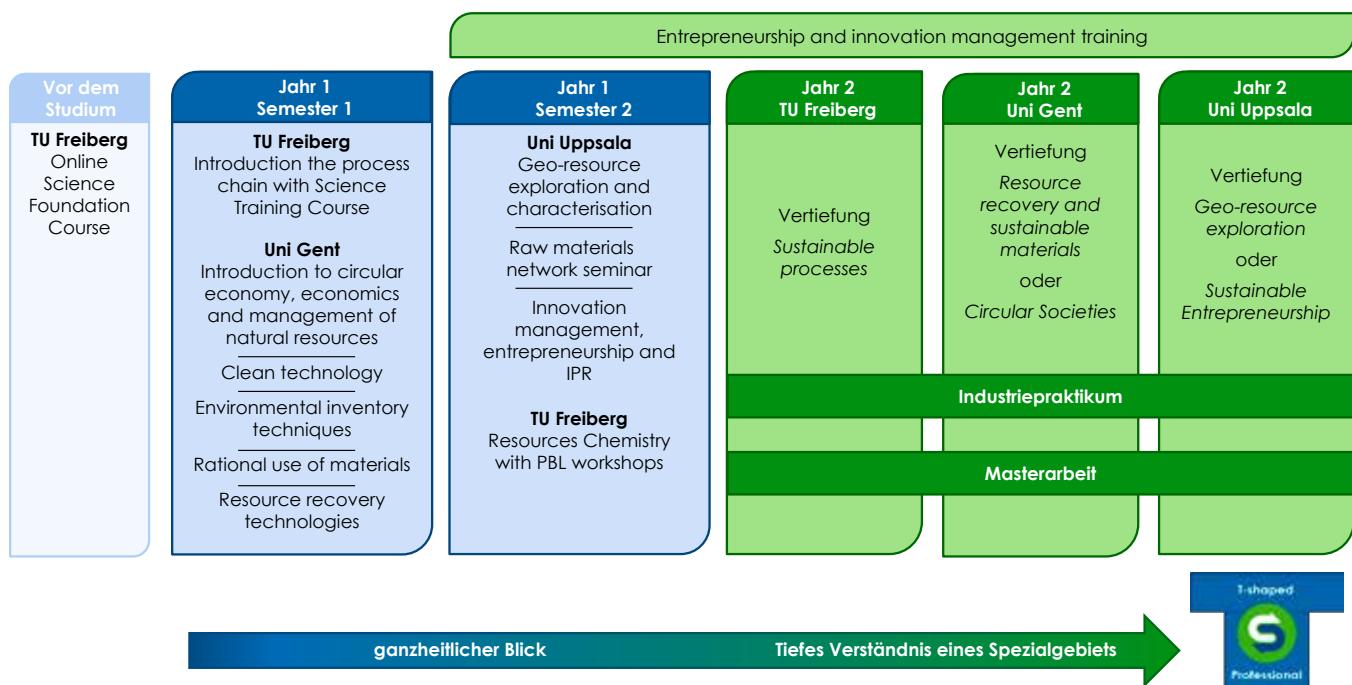


Abb. 2: StudienablaufplanSINReM

kumsversuche (Abb. 4), diskutieren mit Wissenschaftlern und Unternehmensgründern und verfassen eine Belegarbeit zu einer Fallstudie aus aktuellen Forschungsarbeiten der Bergakademie.

Im zweiten Studienjahr entscheiden sich die Studierenden für eine Vertiefungsrichtung, die an einer der drei Universitäten absolviert wird. Hinzu kommt neben der Masterarbeit, die gemäß dem EIT Label in Kooperation mit einem außeruniversitären Partner (Unternehmen, Behörde, Forschungsinstitut) durchgeführt werden muss, ein Industriepraktikum von mindestens fünf Wochen.



Abb. 3: Dr. Sophie Ullrich mit Studierenden bei Messungen und Probennahme in der Reichen Zeche

### Besonderheiten des Studiengangs

Die Internationalität des Studiengangs ergibt sich nicht nur aus den drei Universitäten, sondern vor allem aus der Herkunft der Studierenden. In den ersten fünf Jahren hatte SINReM 3.106 formal zulässige Bewerbungen, aus denen 133 Studierende aus 53 Ländern ausgewählt wurden (Abb. 5). Es ist bemerkenswert, dass SINReM zwar deutlich mehr Bewerber als Bewerberinnen hat, die Bewerberinnen aber im Schnitt deutlich besser qualifiziert sind und entsprechend höhere Chancen auf einen Studienplatz und ein Stipendium haben. Der Studiengang hat dadurch ein ausgewogenen Geschlechterverhältnis (bislang 64 Frauen und 69 Männer).

Fachlich ist SINReM ebenfalls sehr breit aufgestellt: die Studierenden haben Bachelor- oder Masterabschlüsse aus dem Bereich Geowissenschaften und Bergbau über Verfahrenstechnik, Metallurgie

*“While people might see it as a hyperbole, this past year has been the one where I grew the most, both as a professional and as a person. After receiving a mix of theoretical and practical courses in three leading European universities about the various aspects of the raw material value chain, I can definitely say that SINReM successfully moulded me into a T-shaped professional. Beyond the eyes of a chemical engineer, I now have a keen sense of other disciplines’ perspectives whenever I look at the issues that we face in the raw material sector. Although I am specializing in unit operations, I could now empathize with the other actors in the value chain and even liaise from one discipline to another – something that I would not be able to do had I stayed within the confines of chemical engineering. Moreover, spending this journey with brilliant and talented students with different backgrounds from all over the world made this experience even more worthwhile! I have made great friends from different parts of the globe, who I now call my second family.”*

Erwin Alcasid, SINReM Abschluss 2020, davor Bachelor in Chemieverfahrenstechnik (Philippinen)

und Chemie bis hin zu Umweltingenieurwesen und Umweltmanagement. Lehren und Lernen profitiert auch davon, dass es in jedem Jahrgang einige Studierende gibt, die be-



Abb. 4: Praktikum im Institut für Technische Chemie

reits mehrere Jahre Berufserfahrung im Rohstoffsektor gesammelt haben.

Hieraus ergeben sich auch für die Lehre besondere Herausforderungen und Möglichkeiten. Einerseits haben die Studierenden, je nach ihrem fachlichen Hintergrund, in den Natur-, Geo- oder Ingenieurwissenschaften einiges aufzuholen. Andererseits ergibt sich aus dem eng getakteten Programm im ersten Jahr an drei verschiedenen Unis in drei verschiedenen Ländern ein enger sozialer Zusammenhalt. Die Studierenden haben sich immer sowohl fachlich als auch persönlich durch die Hochs und Tiefs dieses anspruchsvollen Studiengangs getragen. Sie berichteten oft von Krisensitzungen des gesamten Jahrgangs während der Prüfungszeit, ebenso wie von gemeinsamen Geburtstagsfeiern und zahlreichen Wochenendreisen durch ganz Europa. Wir greifen dies auf, indem wir interdisziplinäres, problemorientiertes Lernen zu einer wichtigen Säule des Studiengangs gemacht haben. So bearbeiten die Studierenden im Modul „Resources Chemistry“ eine Fallstudie, die aus der aktuellen Forschung der Bergakademie gestellt wird. Die Studierenden erhalten dafür Daten und Ergebnisse z. B. aus einer Promotionsarbeit im Labormaßstab und erarbeiten Vorschläge zur technologischen Optimierung, zum Upscaling oder zur Umsetzung in der Industrie. Jede Fallstudie wird von einem Team aus 3 bis 4 Stu-



Abb. 5: Herkunftsstaaten (grün) der SINReM-Studierenden WS17/18 bis WS22/23



Foto: Doran Lagaert

Abb. 6: Graduierungsfeier in Gent unter Pandemiebedingungen

dierenden bearbeitet, wobei wir darauf achteten, dass jede Gruppe ein möglichst breites Feld und Fachdisziplinen abdeckt. So kann bereits im Studium die Arbeit in interdisziplinären Expertenteams erlernt werden.

### Ressourcenreiche Chemie während der Pandemie

Die COVID-19 Pandemie war für keinen Studiengang eine leichte Zeit (Abb. 6). Für die SINReM Lehre in Freiberg war sie allerdings besonders problematisch. Von den drei Partneruniversitäten ist die TU Freiberg mit Abstand die kleinste. Wie auch in anderen Studiengängen schätzen die Studierenden die Arbeit in kleinen, gut betreuten Gruppen, ein persönliches Verhältnis zu den Lehrenden, den hohen Praxisbezug der Lehre und nicht zuletzt die exzellente Ausstattung.

Aufgrund von COVID-19 war es den Jahrgängen 2019, 2020 und 2021 aber nicht möglich, die Vorteile eines Präsenzstudiums an der TU Freiberg bereits im ersten Studienjahr wahrnehmen zu können. Die eingeschränkten Rei-

se- und Unterbringungsmöglichkeiten stellten uns vor eine große Herausforderung: die beiden Blockkurse im ersten Studienjahr samt Praktika online durchzuführen. Den Studierenden nur die Daten des letzten Jahrgangs zur Auswertung zu schicken, kam für uns nicht in Frage. Innerhalb weniger Wochen war die Lehre also komplett neu zu gestalten. Vorlesungen, einschließlich derjenigen unseres Gastdozenten Dr. Patricio Martinez von der Firma ColdecoTech (Chile) wurden online per Big-BlueButton gehalten und auch für die Fallstudien wurden den Studierenden entsprechende online-Räume zur Verfügung gestellt. Die Übungen konnten unter der intensiven Nutzung von Grup-

penräumen (breakout rooms) erfolgreich durchgeführt werden. So weit so gut. Praktika hingegen waren deutlich schwieriger zu organisieren. Letztlich kamen drei Formate zum Einsatz:

**Livestreaming:** Die Betreuer führten das Experiment – begleitet von einem HiWi mit Kamera – vor (Abb. 7). Die Studierenden verfolgten das Experiment im live-stream, machten Notizen in ihr Laborjournal und konnten jederzeit Fragen stellen. Die Daten wurden anschließend über OPAL zur Verfügung gestellt.

**Remote-Labor:** Unter sorgfältiger Überwachung durch die Betreuer wurden Laborgeräte von Studierenden online ferngesteuert. Sie gaben Anweisungen zu Handgriffen, die vor Ort gemacht



Foto: Charlotte Ashworth

Abb. 7: Dr. Ehsan Bidari bei der Online-Vorführung eines Experiments zur Erzlaugung

werden mussten, an die Betreuer.

Videoaufzeichnungen: Wenn keine Internetverbindung verfügbar war, wie z. B. unter Tage in der Reichen Zeche, wurden Videos vorab aufgezeichnet, welche die Betreuer im Rahmen ihrer Livestream-Vorlesungen verwendeten.

Obwohl der Einsatz dieser Techniken von den Studierenden sehr geschätzt wurde, können die genannten Formate ein echtes Praktikum natürlich nicht vollständig ersetzen. Wir freuen uns deshalb sehr, dass im September 2022 wieder ein gesamter SINReM-Jahrgang nach Freiberg reisen konnte (Abb. 8).

## Ein Blick in die Zukunft

Das SINReM-Programm hat das Ziel, zur Ausbildung einer neuen Generation innovativer, interdisziplinär denkender und um Nachhaltigkeit und Umweltschutz bemühter junger Menschen beizutragen. Damit befinden wir uns auf einem guten Weg und die Studierenden sind insgesamt sehr zufrieden mit dem Studiengang. SINReM-Absolventen haben meist schnell und problemlos attraktive Arbeitsplätze gefunden. Manche sind Unternehmer geworden, haben sich an einem Start-up beteiligt oder sogar selbst eines gegründet. Auch die Rückmeldung aus Partnerunternehmen, die Masterarbeiten mitbetreuen oder Praktika anbieten, ist sehr positiv. Viele dieser Firmen haben Studierende direkt nach dem SINReM-Abschluss übernommen und es gibt regelmäßig Anfragen nach neuen Absolventen.

Für die nächsten Jahre haben wir uns drei größere Projekte vorgenommen.

- Wir beteiligen uns am RIS Internship Programm für Industriepraktika der Uni Zagreb. Wir hoffen, dadurch bessere Kontakte zu Firmen und potenziellen Studierenden in Süd- und Osteuropa (insbesondere den EIT RIS Ländern) zu knüpfen, die bisher im SINReM Studiengang nicht gut vertreten sind.
- SINReM durchläuft derzeit eine European Approach Akkreditierung. Hierbei wird der Studiengang insgesamt be-

wertet und die Akkreditierung im Erfolgsfall in allen Partnerländern automatisch anerkannt. Die Akkreditierungsunterlagen wurden im Sommer 2022 eingereicht. Nach einer Begehung im Oktober erwarten wir spätestens Anfang 2023 ein hoffentlich positives Ergebnis.

- Jenseits der Lehre möchten wir den SINReM Studiengang nutzen, um Forschungskooperationen zwischen den Partneruniversitäten auszubauen. Dies soll über kooperative Masterarbeiten erfolgen, in denen Masteranden aus unterschiedlichen Vertiefungsrichtungen entweder gleichzeitig oder nacheinander an gemeinsamen Projekten arbeiten.

Wir freuen uns auf viele weitere erfolgreiche Jahre mit engagierten Studierenden, interessanten Erfahrungen und einer guten Zusammenarbeit zwischen drei großartigen Universitäten.

## Nachtrag

An dieser Stelle darf eine Sache nicht unerwähnt bleiben: die großartige, engagierte und unkomplizierte Unterstützung, die wir von der zentralen Universitätsverwaltung und aus allen an der Lehre beteiligten Instituten erhalten. In Entstehung und Ablauf dieses Studiengangs gibt es viele Besonderheiten, spezielle Anforderungen und kom-

plexe Situationen, auf die man spontan, flexibel und manchmal unkonventionell reagieren muss. Die TU BA Freiberg ist im SINReM Konsortium eindeutig der Juniorpartner. In Gent und Uppsala gibt es jeweils ca. 50.000 Studierende. Unter den Alumni sind 4 bzw. 15 Nobelpreisträger und beide Universitäten zählen seit Jahren zu den Top100 des sogenannten Shanghai Rankings. Unsere Stärken liegen an anderer Stelle: einerseits bilden wir die gesamte Prozesskette ab und sind hervorragend ausgestattet, was von den Studierenden sehr geschätzt wird. Andererseits arbeiten wir in der Bergakademie organisatorisch gut, eng und unkompliziert zusammen. Probleme werden in einem kurzen Telefongespräch gelöst, während es in Gent und Uppsala oft heißt: „da bin ich nicht zuständig; das geht nicht; das haben wir noch nie so gemacht“. Innerhalb des SINReM Konsortiums hat die Bergakademie den Ruf, immer alles möglich zu machen, egal wie kompliziert die Aufgabe oder wie groß der Zeitdruck ist. Persönlich danken möchten wir in diesem Zusammenhang Mandy Schulz (Studierendenbüro), Cindy Wolf (Zulassungsbüro) und Cornelia Linke (Drittmittelverwaltung), die im Alltagschaos des Studiengangs immer ein offenes Ohr, viel Geduld und kreative Lösungen für uns bereithalten.



Foto: Norman Pohl

Abb. 8: Endlich wieder in Präsenz: SINReM Erstis und die glückliche Erstautorin dieses Artikels im September 2022

# Techno-ökologisches Projekt

## Interdisziplinäre und forschungsnahe Lehre mit Praxisbezug

Christian Kupsch, Conrad Jackisch, Maximilian Lau, Björn Sprungk, Sebastian Zug

Um aktuelle Probleme zu lösen sind fast immer interdisziplinäre Lösungsansätze notwendig. Zudem liefert Interdisziplinarität wissenschaftlich einflussreiche Ergebnisse [1] und hat somit eine hohe Relevanz für politische Entscheidungsprozesse. Jedoch ist das gemeinsame Arbeiten über Fachgrenzen hinweg keine Selbstverständlichkeit sondern eine Kompetenz, die erlernt werden muss. Wahrnehmung der Welt, ihre Beschreibung und naheliegende Lösungsansätze unterscheiden sich in verschiedenen Fachrichtungen. Auch die Kommunikation über vermeintlich selbstverständliche Schritte, Arbeitsabläufe und erwartete Ergebnisse stellen sich in fachlich gemischten Gruppen erstaunlich aufwändig dar. Im

techno-ökologischen Projekt verwandeln wir fachliche Diversität zu einer Stärke für gemeinsames Arbeiten an komplexen Herausforderungen und stärken dabei die Kompetenzen unserer Studierenden für interdisziplinäre Zusammenarbeit. Wir bereiten sie damit für einen modernen Arbeitsmarkt und für Handlungsfähigkeit gegenüber Klimawandel, Energiekrise und Umweltverschmutzung vor.

Der techno-ökologische Rahmen des Projekts greift dabei aktuell unausweichliche Fragen des Anthropozäns auf, also Fragen nach dem bestimmenden Einfluss des Menschen auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse der Erde. Neben Umwelt- und Sozialwissenschaften spielen dabei auch

Disziplinen wie die Numerik, Stochastik und Informatik eine wesentliche Rolle um mögliche Anpassungsansätze mit einem wesentlich breiteren Spektrum von Expertise zu entwickeln. Wenn die Kombination der jeweiligen fachlichen Inhalte mit gegenseitiger Kommunikation und Zusammenarbeit über Fächergrenzen hinweg zur besten Lösung führt, haben wir unser Ziel erreicht, nämlich eine realitätsnahe Fragestellung an der Schnittstelle von Technik, Informationsverarbeitung, Umwelt und Gesellschaft in einem interdisziplinären Team zu bearbeiten. Für die Umsetzung sollen die Teilnehmenden ihre im Studium erworbenen Kompetenzen beispielsweise in den Bereichen Softwareentwicklung, Sensorik, Datenaggregation und statistische Datenanalyse, Geoökologie sowie Biologie kombinieren. Das Projekt richtet sich daher an alle Studierenden der TU Bergakademie Freiberg im Hauptstudium. Neben der interdisziplinären Zusammenarbeit lernen die Studierenden anhand einer komplexen und offenen Fragestellung wesentliche Hypothesen zu formulieren und ihre fachspezifischen Kompetenzen zur Lösung zielgerichtet im Team einzubringen. Allgemeine Kompetenzen wie Teamarbeit, Strukturierung, Kommunikation und Zeitmanagement runden die Lernziele ab.

Das erste Team hat sich im Sommersemester 2022 unter dem Titel „LAUTstark“ mit der experimentellen Evaluation des Lärmprognoseplanes der Stadt Freiberg befasst. Grundlegende Fragestellung war, inwiefern die offiziellen Lärmprognosen der Stadt mit den realen Lautstärkepegeln übereinstimmen bzw. wo und wodurch sich besonders große Abweichungen ergeben. Bei der Auftaktveranstaltung wurden von den Professoren Jackisch und Lau Impulsvorträge gehalten, die verschiedene fachspezifische Aspekte der Fragestellung ausführten. Bereits hier konnte der Mehrwert einer interdisziplinären Betrachtung festgestellt werden. Während JProf. Jackisch das Thema Lärm aus der Perspektive der Geoinformation vorge-



Abb. 1: Autarkes Sensorsystem zur Lärmmessung und drahtloser Datenübertragung

### Kontakt

Christian.Kupsch@et.tu-freiberg.de



Abb. 2: Lärmmodellierung für die Leipziger Straße in Freiberg mit der Plattform Tygron LTS. Tygron LTS ist eine online High Performance Computing GIS-Anwendung, welche basierend auf offenen Geodaten verschiedene 3D-Berechnungen anbietet. Darunter befindet sich auch ein Modell für die Lärmemissionsberechnung nach dem niederländischen Standardberechnungsverfahren (Berechnungs- und Messvorschriften für Lärm 2012, Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, van 12 juni 2012, nr. IENM/BSK-2012/3733, <https://wetten.overheid.nl/BWBR0031722/2015-07-01> Zugriff: 14.09.2022).

stellte hat, standen bei JProf. Lau die Auswirkungen von Lärm auf Tier und Mensch im Vordergrund. Dr. rer. nat. Detlef Schulz (Professur für Technische Akustik, Hochschule Mittweida) präsentierte zudem Hintergründe, Berechnungsverfahren, Vorschriften und Normen für die Erstellung von Lärmprognosen.

In der ersten Phase der Projektbearbeitung bestand das wesentliche Ziel darin die Fragestellung sinnvoll einzugrenzen und eine klare Hypothese zu erarbeiten. Dies war für die Studierenden herausfordernd, da gleichzeitig geklärt werden musste, wie das Team zusammenarbeitet: Wer übernimmt welche Rolle im Team? Welche Kommunikationsmittel werden genutzt? Wie sollen Ergebnisse dokumentiert und geteilt werden? Nach intensiver Diskussion mit den betreuenden Hochschullehrern konnte jedoch eine

zentrale Fragestellung gefunden werden, in die sich alle Beteiligten einbringen konnten: Lassen sich Abweichungen zwischen Lärmprognose und Realität auf die Bepflanzung des öffentlichen Raums zurückführen?

Um diese Frage zu beantworten haben die Studierenden autarke und in Echtzeit vernetzte Sensoren zur Schallpegelmessung aufgebaut (siehe Abbildung 1) und damit Messreihen zu verschiedenen Verkehrszeiten an exemplarischen Orten mit verschiedenen dominierenden Vegetationen (Hecken, Sträucher etc.) durchgeführt. Dabei konnten wesentliche Unterschiede hinsichtlich den Dämpfungseigenschaften der Gewächse festgestellt werden. Der Vergleich mit in der Literatur verfügbaren ähnlichen Untersuchungen zeigte eine gute Übereinstimmung. Damit haben die Studie-

renden eine Grundlage zur Übertragung ihrer Erkenntnisse in zukünftige Modelle zur flächenhaften Prognose des Lärmpegels gelegt. Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine solche Lärmprognose für einen Teil Freibergs.

Abgeschlossen wurde das Projekt durch ein Treffen mit allen beteiligten Studierenden und Hochschullehrern. Die Ergebnisse wurden vorgestellt und aus fachspezifischer Sicht der Teilnehmer bewertet und eingeordnet. Es entstand eine lebhafte Diskussion. Ziel ist es nun, die Messungen und Ergebnisse des Projektes für eine Nachnutzung aufzubereiten und zu veröffentlichen.

#### Quelle

[1] OKAMURA, Keisuke. Interdisciplinarity revisited: evidence for research impact and dynamism. Palgrave Communications, 2019, 5. Jg., Nr. 1, S. 1-9.

#### Beteiligte Hochschullehrer und ihre Fachgebiete

Professor	Fachgebiete
JProf. Dr. Conrad Jackisch	Geoökologische Systemanalyse, Geoinformationen und Strömungsmodellierung in der Geosphäre
JProf. Dr. Christian Kupsch	Mess- und Sensorsysteme, Eingebettete Systeme, Akustik, Signalverarbeitung, Metrologie
JProf. Dr. Maximilian Lau	Biogeochemie, Ökosysteme, Kohlenstoffkreislauf
JProf. Dr. Björn Sprungk	Angewandte Mathematik, speziell mathematische Methoden zur Unsicherheitsquantifizierung und maschinelles Lernen
Prof. Dr. Sebastian Zug	Eingebettete Systeme, Softwaretechnologie, autonome Systeme und Robotik

# Gaming-basierte Entrepreneurship-Lehre an der TU BAF

Evelyn Bennewitz, Madlen Grau, Karina Sopp

Entrepreneurship repräsentiert unter anderem Kreativität, Innovationen, unternehmerischen Tatendrang und die Bereitschaft, ökonomische Wagnisse einzugehen. Darüber hinaus wird Entrepreneurship als Antriebskraft für die Entwicklung der Wirtschaft gesehen. Kenntnisse im Entrepreneurship sind nicht nur für Betriebswirte, sondern auch für Nicht-Ökonomen als ergänzende Kompetenz von besonderer Relevanz. Daher bietet die Professur für Entrepreneurship und betriebswirtschaftliche Steuerlehre Lehrveranstaltungen für beide Zielgruppen an. Die Veranstaltungen vermitteln Wissen und Kompetenzen u.a. zu folgenden Kerninhalten:

- Theoretische Grundlagen und Konzepte des Entrepreneurship
- Gründungsplanung und Markteintritt
- Gründungsumfeld und Gründungsfinananzierung
- Wachstumsstrategien und Marktaustritt
- Social und Corporate Entrepreneurship

In den Veranstaltungen kommen abwechslungsreiche Lehrformate zur Anwendung. So beinhalten die Vorlesungen und Übungen praxisnahe Gastvorträge, die Arbeit mit Fallstudien und die Vorstellung von Startups durch die Studierenden. Die Erfahrung der letzten Jahre hat dabei einige Herausforderungen gezeigt, die in einer stetigen Weiterentwicklung des Lehrkonzepts, u. a. durch den Rückgriff auf digitale Formate, gemündet haben. Um die Erinnerung des Gelernten zu verstetigen, seine Übertragbarkeit auf die Praxis zu erhöhen und um die Motivation und den Spaß am Lernen zu fördern, wird seit dem Sommersemester 2022 zusätzlich zu den Präsenz-Lehrveranstaltungen ein ergänzendes, Gaming-basiertes Lehrkonzept angeboten. Dieses Angebot basiert auf einer Drittmittelfinanzierung und steht in der Verantwortung von Prof. Karina Sopp; in die Projektumsetzung sind die Doktorandinnen Evelyn Bennewitz und Madlen Grau eingebunden. Das Feedback der Studierenden zu diesem „spielerischen“ Lernkonzept ist bislang durchweg positiv, was für seine erfolgreiche Implementierung spricht.



Abb. 1: Persönliches Kompetenzprofil und Wochenziel im Lernmanagementsystem

Das selbstverantwortliche Lernen seitens der Studierenden beschränkt sich teils auf das Registrieren von Lerninhalten, wobei das Wiederholen oft bis kurz vor die Klausur aufgeschoben wird. Dabei zeigen lernpsychologische Studien, dass ein Wiederholen der Lehrinhalte den eigentlichen Lernaufwand minimiert, indem die Erinnerungsleistung gesteigert wird.

Für ein nachhaltiges Lernen, bei dem der Lernaufwand minimiert und die Lerneffizienz maximiert werden, braucht es

den. Belohnte Aktivitäten sind neben dem Entdecken neuer Lehrinhalte v. a. auch das wiederholte Üben und Überprüfen, um im Besonderen nachhaltiges Lernen zu fördern.

## Gamifizierung der Entrepreneurship-Lehre

Gamifizierung bedeutet: Vermittlung von Wissensinhalten auf der Basis spielerischer Lernformen, die Lernarten wie ein operantes Konditionieren, Lernen durch

Wiederholung und entdeckendes Lernen miteinander verbinden. Das Niveau des Spielens hängt dabei maßgeblich von den vermittelten Wissensinhalten und der Form ihrer Überprüfung ab und weniger von der Art der Belohnung, die allerdings erheblichen Einfluss auf die Motivation hat.

Gamifizierung von Lehre kann sowohl in Präsenz als auch in digitaler Form erfolgen. Neben dem technologischen Fortschritt und der begeisterten Akzeptanz neuer Medien bzw. Geräte (wie Smartphones und zugehöriger Apps) durch junge Studierende

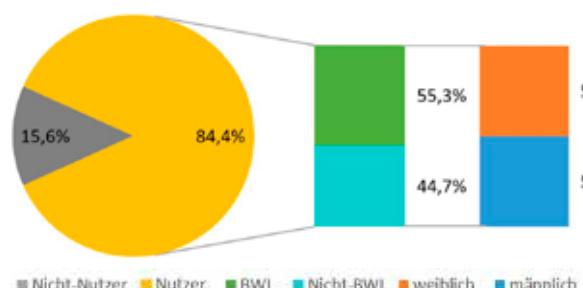


Abb. 2: Nutzung des Lernmanagementsystems

neben ansprechend aufbereiteten Lehrinhalten in mehreren Lernbereichen auch ein Konzept zur Wiederholung und Überprüfung zunächst oft nur zur Kenntnis genommener Lehrinhalte. Durch die Gamifizierung wird ein Anreizsystem als extrinsische Motivation geschaffen, in dem die Aktivitäten der Studierenden über ein Punktesystem und Ranking belohnt wer-

## Kontakt

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,  
Professur für ABWL, insb. Entrepreneurship  
und betriebswirtschaftliche Steuerlehre,  
Karina.Sopp@bwl.tu-freiberg.de

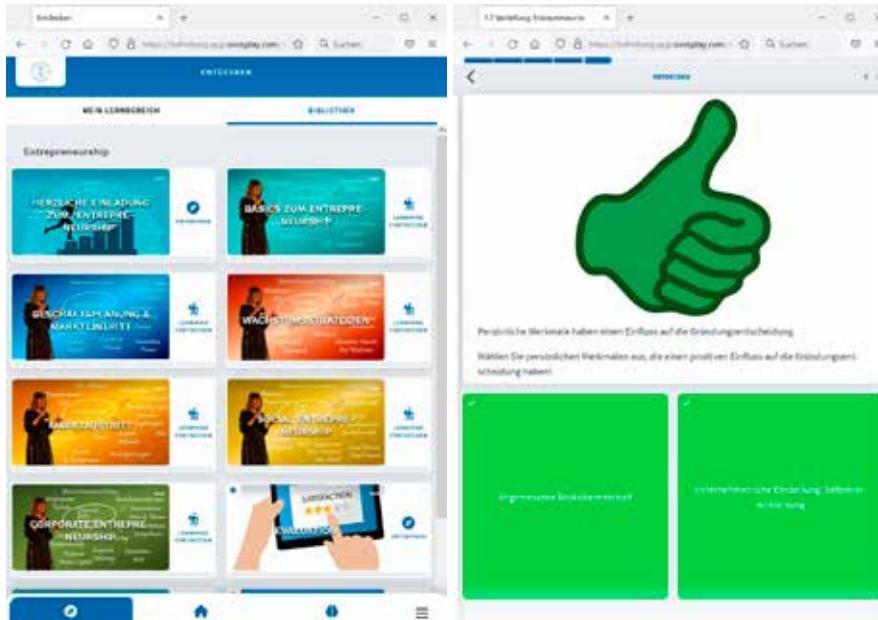


Abb. 3: Themen als Lernpfade und Aufgabenkarten im Lernmanagementsystem

waren vor allem die Kontaktbeschränkungen aufgrund der Corona-Pandemie der Anlass einer Digitalisierung der Lehre. Diese Digitalisierung sollte die Präsenzlehre allerdings nicht ersetzen, sondern bereichern, indem sie durch die Gamifizierung den Lernprozess bei den Studierenden zusätzlich fördert und durch ein nachhaltendes Lernen die Studienleistungen verbessert.

Die digitale Gamifizierung der Entrepreneurship-Lehre basiert auf einem Lernmanagementsystem (LMS) mit dem Namen ovosplay. Dieses LMS kann durch die browserbasierte Anwendung sowohl über Smartphone, Tablet oder sonstige Computer genutzt werden. Nach der Anmeldung befindet sich der/die Studierende in seinem/ihrem eigenen Nutzerprofil und kann den persönlichen Lernfortschritt bei den zu vermittelnden Kompetenzen sehen.

Die Software bietet einen Bereich „Entdecken“, der zur Bibliothek mit den Lerninhalten sowie zum persönlichen Lernbereich führt. Im persönlichen Lernbereich können für einen schnellen Zugriff Lernthemen angepinnt werden, die gerade bearbeitet werden. Für das Entdecken von Lerninhalten gibt es als Motivationsanreiz Punkte und außerdem Bonuspunkte, wenn bestimmte Lerninhalte in einer bestimmten Zeit (binnen einer Woche) entdeckt werden. Durch das Vorgeben bzw. Erreichen von Wochenzielen soll kontinuierliches Lernen belohnt werden.

Die Lerninhalte werden über Lernkarten bereitgestellt, die thematisch zu Kartendecks zusammengefasst sind. Jeweils ein Kartendeck ermöglicht das Erfassen einer

Thematik innerhalb von 15 bis 20 Minuten. Damit können einzelne Kartendecks auch gut innerhalb kleinerer Freizeiteinheiten z.B. bei der Nutzung des ÖPNV auf dem Smartphone entdeckt werden, was ein individuelles Zeitmanagement beim Lernen erlaubt. Die Kartendecks sind thematisch einzelnen Lernphasen zugeordnet. Zusammengenommen ergeben die Kartendecks zu einem Thema jeweils einen Lernpfad, der die Studierenden nachvollziehbar durch das Lernthema führt.

Es gibt ganz verschieden gestaltete Lernkarten. Mit Hilfe der Lernkarten können Informationen – wie etwa bei PowerPoint-Präsentationen – visuell ansprechend aufbereitet werden. Abbildungen, Grafiken und Texte sowie Aufzählungen lassen sich dabei mit interaktiven Elementen verknüpfen. Neben der Einbindung von Videos, von Dokumenten und von Verlinkungen zu Internetseiten (z. B. zu solchen mit eingebetteten Videos), können über ein Glossar Definitionen und vertiefende Informationen eingeblendet werden.

Umfragekarten zur Überprüfung des Wissens werden ergänzt von Aufgabenkarten mit verschiedenen Fragetypen wie Multiple Choice-Fragen und Lückentexten. Nach der Auswahl der möglichen Antwort durch die Studierenden wird die richtige Antwort grün hinterlegt oder zur Bestätigung angezeigt, so dass die Studierenden sofort eine Rückmeldung erhalten. Aufgabenkarten können sowohl dem Bereich „Entdecken“ eines Kartendecks zugeordnet werden, als auch dem Bereich „Üben“. Aufgabenkarten im Bereich „Üben“ dienen der Überprüfung und Festigung ver-

mittelten Wissens, ohne dass ein Durchsuchen oder Durchlaufen nochmals aller wissensvermittelnden Kartendecks erforderlich ist. Die Zusammensetzung und Reihenfolge der Aufgabenkarten variieren bei jedem Durchlauf.

Jedes „Üben“ wird belohnt, wobei es für wiederholtes Üben Bonuspunkte gibt. Um das wiederholte Üben zu erleichtern, gibt es Duelle. Duelle erlauben einen Vergleich der Studierenden untereinander. Dabei werden auch verlorene Duelle ein wenig belohnt, weil allein die Wiederholung der Lerninhalte zum Lernerfolg und zu individuellen Lernfortschritten beiträgt.

Der individuelle Lernfortschritt kann damit unmittelbar an der Punktezahl und dem Ranking abgelesen werden. Lehrende haben Zugriff auf die Nutzungsdaten, so dass sie auf individuelle Lernstärken und -schwächen eingehen können.

### Lernerfolg durch die Gamifizierung

Die Möglichkeit der Nutzung des LMS war bei ihrer ersten Durchführung im Sommersemester 2022 ein fakultatives Angebot, das den Studierenden in den Bachelor-Veranstaltungen zum „Entrepreneurship“ – ergänzend zur Präsenzveranstaltung – bereitgestellt wurde. Die Nutzung des LMS wurde nicht direkt in die Leistungsbeurteilung integriert; allerdings erhielten die Studierenden mit dem höchsten Ranking eine zu Beginn des Semesters vorangekündigte materielle Belohnung.

Insgesamt nutzten über 84 % der in die Module eingeschriebenen Studierenden das LMS. Etwa die Hälfte der Nutzerinnen und Nutzer entstammte betriebswirtschaftlichen Studiengängen. Unter den Nutzern waren ungefähr gleich viele Frauen und Männer.

*„Die bisherigen Erfahrungen aus der Ergänzung der Präsenzlehre um Gaming-Elemente zeigen eine Verbesserung beim komplexen Verständnis der Lehrinhalte und eine Steigerung der Interaktion seitens der Studierenden.“*

Das LMS wird über das SS 2022 hinaus als Ergänzung zu den Entrepreneurship-Präsenzveranstaltungen angeboten. Dies geht zum einen mit einer Weiterentwicklung der Lerninhalte (z. B. durch Aktualisierungen oder Erweiterungen) und zum anderen mit einer Evaluation dieses Lehrangebots einher.

# Reakkreditierung des IUZ/Sprachen, Bereich Fremdsprachen für UNIcert®

Birgit Seidel-Bachmann

## Das Fremdsprachenangebot der Bergakademie

Die Fremdsprachenausbildung an der Bergakademie hat eine lange Tradition. Wenig überraschend, gab es doch schon seit 1828 Französischunterricht. Seit 1922 konnten die Bergakademisten Spanisch und – wer hätte das gedacht?! – auch Russisch lernen. Im Jahr 2022 umfasst das Angebot weitere Fremdsprachen, die auf den verschiedenen Stufen des Zertifikatsystems für Hochschulen UNIcert® angeboten werden:

- Englisch Fachsprache (bis einschl. Niveau UNIcert® III)
- Spanisch (bis einschl. Niveau UNIcert® I)
- Französisch (bis einschl. Niveau UNIcert® Basis)
- Italienisch (bis einschl. Niveau UNIcert® Basis)
- Russisch (bis einschl. Niveau UNIcert® I)
- Tschechisch (bis einschl. Niveau UNIcert® Basis)
- Polnisch (bis einschl. Niveau UNIcert® Basis)
- Chinesisch (Anfängerkurs)
- Norwegisch (Anfängerkurs)

Den Schwerpunkt bilden die Fremdsprachenkurse Englisch mit zwei Modulen:

- Englisch - Einführung in die Fachsprache (Modul I von UNIcert® III) im ersten und zweiten Semester
- Englisch Fachsprachenzertifikat UNIcert® III (Modul II von UNIcert® III) im dritten und vierten Semester

Beide Module werden für insgesamt 25 Studiengänge in den fünf Wissenschaftsbereichen Mathematik/Informatik, Naturwissenschaften, Geowissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften angeboten. Darüber hinaus gibt es Englischkurse in „Professional Communication“.

Die Fremdsprachenkurse sind für die Studierenden unserer Universität konzipiert, stehen aber, sofern es freie Plätze gibt, auch Mitarbeitenden offen.

## UNIcert®

UNIcert® ist das Qualitätssiegel für die Ausbildung, das Testen und Prüfen sowie die Zertifizierung von Fremdsprachenkenntnissen an Hochschulen. Deutschlandweit gehören 52 universitäre Sprachlehreinrichtungen dem UNIcert®-Verbund an. Der Bereich Sprachen/Fremdsprachen des Internationalen Universitätszentrums (IUZ) ist seit 1994 UNIcert®-Mitglied und für die akademische Fremdsprachenausbildung akkreditiert.

Ziele von UNIcert® sind es, die Gleichwertigkeit der Sprachausbildung an Hochschulen durch vergleichbare und aufeinander abgestimmte, hochschulbezogene Standards zu gewährleisten sowie ein standardisiertes Zertifikat zur Vorlage bei Arbeitgebern und (internationalen) Organisationen zu vergeben.

## Vorteile des UNIcert®-Zertifikats

Für Hochschulabsolventen ist das UNIcert®-Zertifikat ein aussagefähiger Nachweis von Fremdsprachenkenntnissen für den weiteren Berufsweg. Während auf der Vorderseite der Urkunde die Noten zu den Sprachfertigkeiten Verstehendes Lesen, Schreiben, Hören und Sprechen sowie die Gesamtnote ausgewiesen sind, werden auf der Rückseite die wichtigsten Kursinhalte aufgelistet (jeweils auf Deutsch, Englisch sowie in der Fremdsprache, für die das Zertifikat erworben wurde). Zudem erkennt z. B. der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) UNIcert®-Zertifikate als Sprachnachweis bei Bewerbungen für Auslandaufenthalte an.

## Reakkreditierung

Um die Qualität und Vergleichbarkeit der Fremdsprachenausbildung zu gewährleisten, finden im UNIcert®-Verbund regelmäßig Reakkreditierungsverfahren statt, in denen die Einhaltung wesentlicher organisatorischer

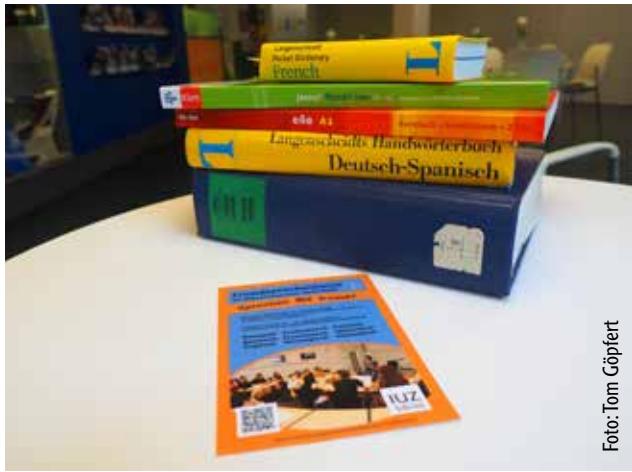


Spanischkurs im Sommersemester 2022

und inhaltlicher Bedingungen evaluiert wird. Eine Akkreditierung für UNIcert® ist jeweils fünf Jahre lang gültig. Dabei findet abwechselnd eine dokumenten gestützte Reakkreditierung (ohne Begehung) oder eine Reakkreditierung mit Begehung statt.

Für den Bereich Fremdsprachen des IUZ/Sprachen gab es ein Reakkreditierungsverfahren zuletzt im Wintersemester 2021/22. Nachdem zahlreiche Unterlagen, Dokumente, Klausurvorlagen, bewertete Klausuren sowie ein Antragsformular und eine umfangreiche „Selbstauskunft“ an die wissenschaftliche Gutachterkommission von UNIcert® eingereicht worden waren, fand im April 2022 eine Begehung in Freiberg statt. Sie hatte zum Ziel, die Spezifika des IUZ/Sprachen an der TU Bergakademie Freiberg zu analysieren, ein realistisches Bild der Situation vor Ort zu gewinnen sowie ggf. Perspektiven der Weiterentwicklung aufzuzeigen. Dafür wurden zunächst die vorab eingereichten Unterlagen ausgewertet. Einen wesentlichen Bestandteil der Begehung bildeten jedoch die Gespräche des UNIcert®-Gutachterteams mit verschiedenen Personenkreisen. Zum einen wurden – jeweils separat – Gespräche mit der IUZ-Leitung, den festangestellten Sprachlehrern und den Lehrbeauftragten geführt. Außerdem gab es Gespräche mit Mitarbeitern des IUZ, die nicht in der Sprachausbildung tätig sind. Besonders wichtig für die Bewertung der Qualität der Fremdsprachen ausbildung waren die Gespräche des Gutachterteams mit Studierenden aus

Foto: Torsten Mayer



den UNICert®-Fremdsprachenkursen. Weitere Gespräche gab es mit dem Prorektor für Strukturentwicklung, Vertretern der Fakultäten sowie mit Vertre-

tern des IUZ-Beirats. Die während der Begehung geführten Gespräche ergänzten die zuvor schriftlich eingereichten Unterlagen und Informationen.

Ein weiteres Ziel der Begehung war es, die Räumlichkeiten kennen zu lernen, in denen die Sprachausbildung der TU Bergakademie Freiberg statt-

findet. Das sind zum einen die vier gut ausgestatteten Sprachlabore bzw. Unterrichtsräume im Schlossplatzquartier, darüber hinaus aber auch die Räume,

die in verschiedenen Gebäuden auf dem Campus genutzt werden. Außerdem wurden die Mitarbeiterbüros besichtigt und insbesondere das Prüfungsarchiv unter die Lupe genommen.

Das Gutachterteam der wissenschaftlichen UNICert®-Kommission bescheinigte dem Bereich Sprachen/Fremdsprachen des IUZ höchste Professionalität und außerordentliches Engagement in seiner Arbeit. In enger Zusammenarbeit mit den Fakultäten wird am IUZ ein moderner, handlungsorientierter, hochschul- und fachspezifischer Fremdsprachenunterricht durchgeführt, der sich an den Bedarfen und Bedürfnissen der Studierenden orientiert.

An dieser Stelle sei noch einmal allen gedankt, die das Reakkreditierungsverfahren unterstützt haben.

## Sn-Polymetall- und Li-Sn-Lagerstätten im Ost- und Zentral-Erzgebirge - 2021 (Sn-Li ERZGEB - 2021)

Lagerstätten-Praktikum und -Exkursion der Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie an der TU Bergakademie Freiberg

Thomas Seifert



Abb. 1: Exkursionsgruppe Sn-W-Li ERZGEB - 2021 Teil 1 Altenberg-Zinnwald mit Ing. Horst Giegling am Huthaus des Besucherbergwerks "Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald", Osterzgebirge; von links nach rechts: Fabian Gotsch, Anna Katharina Franken, Barbara Flora Namburete, Julia Mehner, Antonio Albertino Jose, Frank Reichel, Christin Schulz, Sebastian Triebert, Ingo Kiefl, Jana Kalmbach, Daniel Perplies, Paul Bohlender, Ing. Horst Giegling (Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald, Geising), Emre Bagci und Iaroslav Gorban.

Vom 9. bis zum 20. August 2021 führte die Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie an der TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) eine lagerstättengeologische Exkursion mit Feldpraktikum im Erzgebirge durch. An der Exkursion nahmen 14 Studierende des Masterstudiengangs Geowissenschaften / Studi-

enrichtung Lagerstättenlehre (Economic Geology) teil (Abb. 1). Die Exkursion erfolgte unter Leitung von Prof. Dr. Thomas Seifert - mit freundlicher Unterstützung durch Dipl.-Ing. Christian Schröder (Direktor des Bergbaumuseums Altenberg), Ing. Horst Giegling (Altbergbau-spezialist und Hobbymineraloge; Geising, Zinnwald), M. Sc. Nikolas Trischler (Explorationsgeologe, TUBAF / Deutsche Lithium GmbH), Dr. Thomas Dittrich (Chefgeologe der Deutschen Lithium GmbH) und Frank Ihle (Bergmann und Mineraloge; Ehrenfriedersdorf, Thalheim). Schwerpunkt des Praktikums waren die Geologie, Mineralogie und Metallogenie von Seltenmetall-Lagerstätten im Exkursions-Gebiet 1 / Osterzgebirge: Altenberg (Sn, W, Mo,

Li), Zinnwald (Li, Sn, In?), Hegelshöhe/Schenkenshöhe (Li, Sn) und im Exkursions-Gebiet 2 / Mittleres Erzgebirge: Ehrenfriedersdorf und Geyer (Sn, W, Mo, Li, Ag, In; Abb. 2).

Die metallogenetische Provinz Erzgebirge/Krušné hory/Vogtland zählt aufgrund ihres bedeutenden, unikalen historischen Ag-, Sn-, Co-, W-, U- und Flußpat-Bergbaus und des für Europa einzigartigen Explorationspotentials für Sn-, Li-, W-, In- und Fluorit/Baryt-Ressourcen zu den wirtschaftlich bedeutendsten Einheiten der Varisziden (Baumann et al. 2000; Kuschka 1997; Seifert & Kempe 1994; Seifert 2008). Im Raum Erzgebirge-Krušné hory-Vogtland sind verschiedene Typen von Sn-W-Li-Polymetall-Lagerstätten ausgebildet (Greisen, Trümerzonen, kompakte Gänge, Skarne). Metallogenetisch sind die o.g. Lagerstätten an spät-variszische Sn-W-Mo-Li-Polymetall-Mineralisationen (Alter: ca. 315 – 290 Ma) gebunden, die sehr wahrscheinlich mit sog. „Small Intrusion Li-F-Graniten“ assoziiert sind (Seifert & Kempe 1994; Seifert 2008; unveröff. Material Th. Seifert 2022; Abb. 2).

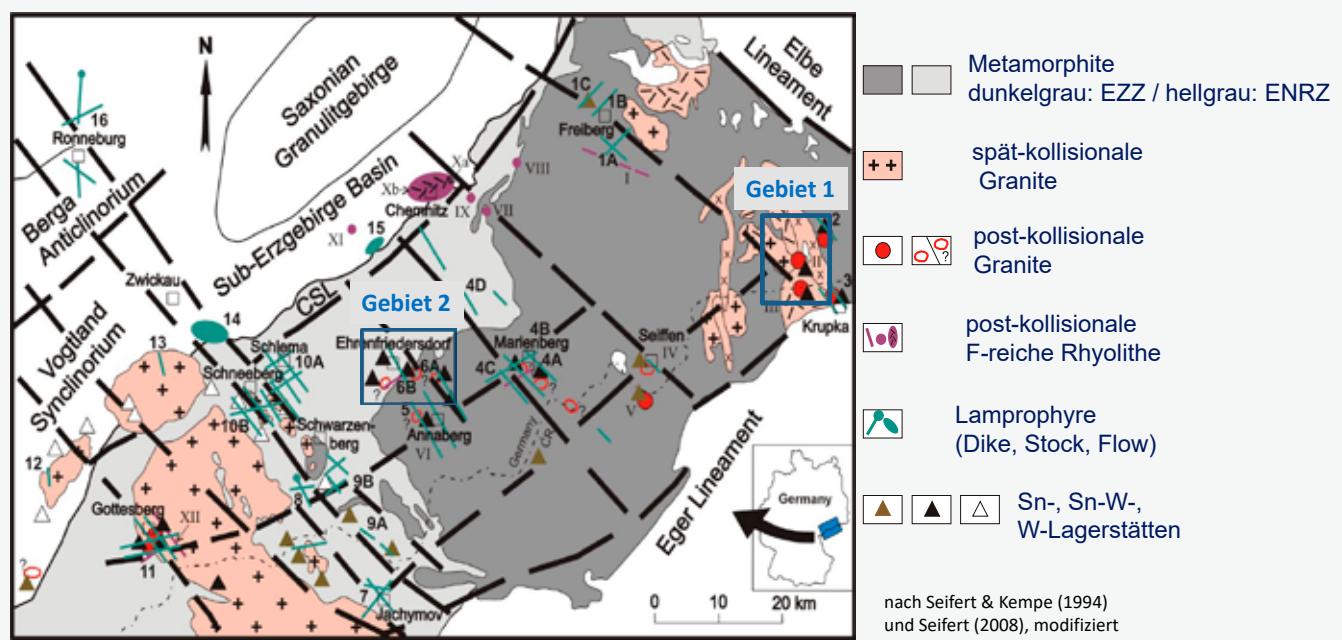


Abb. 2: Spät-Variszischer Magmatismus und Sn- / Sn-W- / W-Lagerstätten in der Region Erzgebirge-Vogtland (stark vereinfacht) und Lage der Exkursionsgebiete Sn-W-Li ERZGEB – 2021 im Ost-Erzgebirge (Gebiet #1: 9.-14.08.) und Mittleren Erzgebirge (Gebiet #2: 15.-20.08.). Nach Seifert & Kempe (1994) und Seifert (2008), modifiziert.

## Exkursions-Gebiet 1 / Osterzgebirge

### Sn-Polymetall-Lagerstätte Altenberg, Pinge und Bergbaumuseum

Das Lagerstättenpraktikum Sn-Li ERZGEB – 2021 begann am 9. August 2021 mit einer ausgedehnten Führung durch das Bergbaumuseum Altenberg. Ein Highlight waren die Maschinen für die historische Erzaufbereitung im Revier Altenberg, die von Christoph Schröder auch in ihrer Funktion vorgeführt und detailliert erläutert wurden. Danach befuhr die Exkursionsgruppe den Neubeschert-Glück-Stollen (Abb. 3) und begutachtete von einer Aussichtsplattform aus

die Altenberger Pinge, die die Dimension der Sn-Polymetall-Lagerstätte Altenberg in beeindruckender Weise zeigt (Abb. 4).

Der Greisenerz-Körper der Sn-Polymetall-Lagerstätte Altenberg (Abb. 5) hat eine Anschnittsfläche von ca. 300 x 220 m, was dafür spricht, dass der ursprüngliche Erzkörper in der Kreide und im Tertiär partiell erodiert wurde (Weinhold 2002). Günter Weinhold (2002) diskutiert, dass sich der ursprüngliche Sn-Inhalt demnach auf mehr als 400.000 t Sn-Metall belaufen haben könnte. Auch ohne die Einbeziehung dieser Hypothese zählt die Lagerstätte Altenberg mit einer nachweislichen Förderung

von 32 Mio. t Sn-Erz @ 0,76 wt.% Sn im Zeitraum von 1446 bis 1991 (1446-1546: 2,4 wt.% Sn; 1547-1620: 1,6 wt.% Sn; 1621-1946: 1,1 wt.% Sn; 1947-1991: 0,34 wt.% Sn), was einem Sn-Inhalt von 240.000 t entspricht (Weinhold 2002), und den noch vorhandenen Vorräten von 27 Mio. t Sn-Erz @ 0,27 wt.% Sn (72.400 t Sn-Inhalt; Weinhold 2002) zu den *Giant Tin Deposits* im Weltmaßstab. Die höchste Roherzförderung in der 545-jährigen Bergbaugeschichte von Altenberg gab es im Jahr 1988 mit 1.051.600 t @ 0,34 wt.% Sn bei einem Ausbringen von 60,2 % und einem Metallinhalt i. Konz. von 2.180 t Sn (Weinhold 2002).



Abb. 3: Dipl.-Ing. Christoph Schröder (Direktor des Bergbaumuseums Altenberg) erläutert im Neubeschert-Glück-Stollen (Erkundungsstollen von 1802 – 1849, mit Unterbrechungen) den Schubortabbau der Zinnerz-Buchmassen.



Abb. 4-1: Pinge im Bereich der Sn-W-Li-Lagerstätte Altenberg (Blick von Nord nach Süd); Durchmesser ca. 400 m, Tiefe: ca. 160 m, Fläche: ca. 12 ha; Resultat des großen Pingenbruchs 1620 und des folgenden Bergbaus bis 1991. Im Hintergrund der Arno-Lippmann-Schacht vom VEB Zinnerzbetrieb Altenberg (Hauptförder schacht von 1963 bis 1991 mit einer Förderung von 0,5 bis 1 Mio. t Sn-Erz pro Jahr).



Abb. 4-2: Nord- und Ost-Wand der Altenberger Pinge (Blick von Süd nach Nord). Im Hintergrund der Geisingberg (Vulkankuppe: Olivin-Augit-Nephelinit; Alter: ca. 30 Ma). Weißes Gebäude mit grauem Spitzdach halbrechts im Hintergrund: Wetterüberhauen 20.

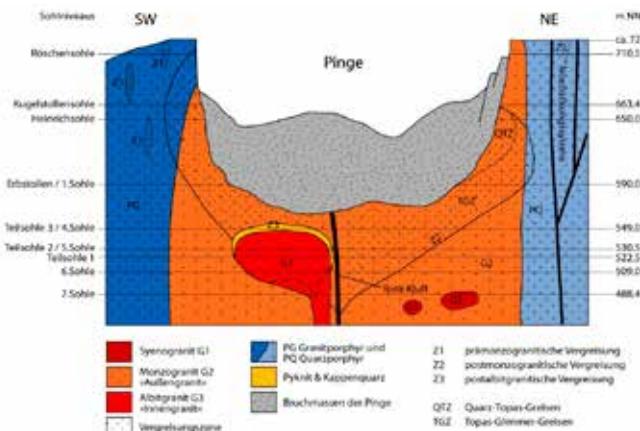


Abb. 5: Geologisches NE-SW-Profil der Sn-W-Li-Lagerstätte Altenberg. Nach Wolfgang Schilka (2008).

Die Haupt-Sn-Vererzung ist an Topas-Glimmer-Greisen (TGZ / Dunkelgreisen) und weniger an Quarz-Topas-Greisen (QTZ / Hellgreisen) gebunden. Beide Greisentypen sind bevorzugt im steil einfallenden Monzogranit-Stock (G2 / „Außengranit“) im Zentrum der Lagerstätte ausgebildet (cf. Baumann et al. 2000; W. Schilka 2008; Abb. 5). Die postmonzogranitische Vergreisung erfasst im Kontaktbereich des Monzogranits auch den Altenberger Granitporphy (PG) und den Rhyolith von Teplice (PQ). Typisch für den Vergreisungsprozess im Bereich der Lagerstätte sind intensive Hämatit-Mineralisationen, die in den anstehenden Sn-Greisen erzen in der Altenberger Pinge und im Untertage-Abbau verbreitet sind (Abb. 4). Nach der Hauptvergreisung (Z2) intrudierte in den Monzogranit ein stockförmiger Albitgranit (G3 / „Innengranit“), dessen Stockscheider (Randpegmatit) von pneumatolytischen Fluiden (Z3) überprägt wurde und jetzt als mineralogische Besonderheit in Form von Pyknit vorliegt (typisch die grünlich-gelben, grobstengeligen Topas-Aggregate, die

mit Quarz, Dunkelglimmer, Hämatit, Fluorit, Kassiterit und Molybdänit verwachsen sind).

Im Bergbaumuseum Altenberg befindet sich ein 3 D-Modell des VEB Zinnerzbetrieb Altenberg aus dem Jahr 1968, das die zukünftige Planung der Erzgewinnung mit einer neuen Abbaumethode – dem Teilstollenbruchbau – visuell unterstützen sollte (Abb. 6).

### Li-Sn-Lagerstätte Zinnwald

Am 10., 12., und 13. August 2021 befand sich die Exkursionsgruppe Sn-Li ERZGEB – 2021 das Grubenfeld „Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald“ im Niveau des Tiefen Bünau-Stollens. Nach einer umfangreichen Befahrung aller relevanten Aufschlüsse am 10. folgte am 12. und 13. August ein umfangreiches Kartierungspraktikum in vier Gruppen.

In den Altenberg-Teplice-Eruptiv-Komplex intrudierte vor ca. 320 – 315 Ma ein „small intrusion Li-F-Granit“ (cf. Štemprok et al. 1994; cf. Seifert & Kempe

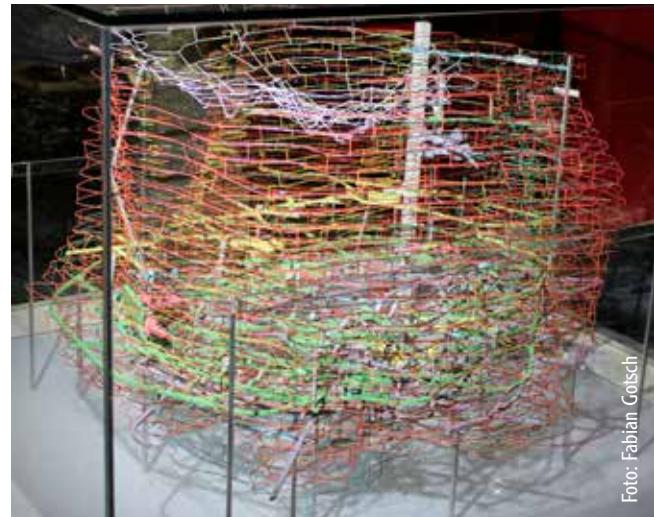


Foto: Fabian Gotsch

Abb. 6: 3 D-Modell der Zinnerz-Lagerstätte Altenberg mit Erztypen, Sohlen und Schächten und Kontur der Pinge (Status: 1968) zur zukünftigen Planung des Teilstollenbruchbaus, der ab 1976 die Mitgewinnung der anstehenden Zinn-Erze ermöglichte (1620-1975 nur Gewinnung der Pingenbruchmassen). VEB Zinnerzbetrieb Altenberg, 1968; Standort des Drahtmodells: Bergbaumuseum Altenberg.

1994; Seifert et al. 2011; Abb. 2), der an der Oberfläche eine N-S-Erstreckung von ca. 1300 m und eine E-W-Ausdehnung von ca. 300 m zeigt und als Albitgranit das Neben- bzw. Trägergestein der Sn-W-Li-Vererzungen bildet (cf. Neßler et al. 2017). Voraussetzung für den erfolgreichen Betrieb der zahlreichen kleinen Zinn-Zechen im Erzfeld Zinnwald-Cínovc war der im 16. Jh. aufgefahrene „Oberen Bünau-Stollen“ (780 m ü. NN) und der Vortrieb des „Tiefen Bünau-Stollens“ (Beginn 1686, 750 m ü. NN). Nach 1815 sank die Zinn-Produktion rapide ab; daraufhin erfolgte 1852 der Zusammenschluss der noch verbliebenen acht Zechen zu „Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald“. Gleichzeitig wurde der tiefste Stollen im Revier Zinnwald, der „Tiefe Hilfe Gottes Stollen“ (720 m ü. NN), zur Gewinnung tieferer Sn-Erzkörper („Flöze“) vorangetrieben (cf. Neßler et al. 2016).



Foto: Thomas Seifert



Foto: Thomas Seifert



Foto: Thomas Seifert

Abb. 7: Bemusterung von Li-Sn-Metaalbitgranit-Greisen mit flacheinfallendem Quarz-Zinnwaldit-Kassiterit-Gang. Besucherbergwerk „Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald“, Tiefe Bünau-Stollensohle.

Abb. 8: Massive Zinnwaldit-Mineralisation (in Verwachung mit Quarz, Topas und Fluorit) im Bereich eines flach einfallenden Erzgangs („Flöz #6“) im Metaalbitgranit-greisen (vermutlich Begleitgreisen). Besucherbergwerk „Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald“, Tiefe Bünau-Stollensohle.

Abb. 9: Kartierungspraktikum im Bereich des Flözes #8 mit Li- und Sn-Reicherzonen (Gruppe 4: v.r.n.l.: Iaroslav Gorban, Fabian Gotsch, Thomas Kürschner; Unterstützung durch Ing. Horst Giegling). Besucherbergwerk „Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald“, Zwischenetage Tiefe Bünau-Stollensohle.

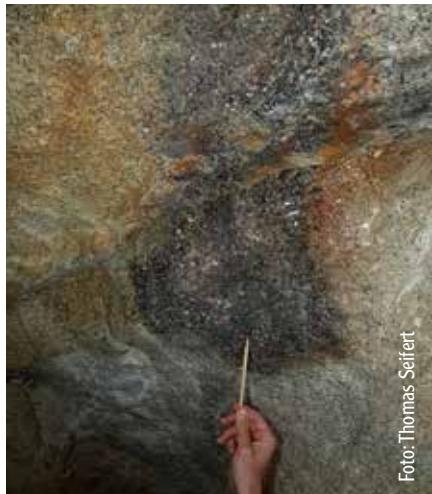


Foto: Thomas Seifert

Abb. 10: Zinnwaldit-reiche Zone im Quarz-Glimmer-Topas-Greisen. Repräsentiert vermutlich schlachtförmige Zuführkanäle aus tieferen Reservoirs Li-reicher pneumatolytischer Fluida. Besucherbergwerk "Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald", Tiefe Bünau-Stollensohle, neuer Grenzschacht-Flügel, nahe Brandklüfter Morgengang.



Foto: Thomas Seifert

Abb. 11: Massiver Li-Glimmer-Quarz-Topas-Metabasitgranit-Greisen im Bereich einer Großprobennahme-Lokalität durch die Bergsicherung Freital für mineralogisch-geochemische Untersuchungen und Aufbereitungsversuche (vormals SolarWorld Solicium GmbH, aktuell Deutsche Lithium GmbH). Ein steil- bis mittelsteil einfallendes Quarz-Trüm der Sn-W-Assoziation (bis 0,1 m mächtig) durchschlägt den Greisenkörper am Oststoß und an der Firste. Besucherbergwerk "Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald", Tiefe Bünau-Stollensohle.



Foto: Thomas Seifert

Abb. 13: Pingen- und Haldenfeld im Altbergbau- und Explorationsgebiet Hegelshöhe, ca. 3,5 km N der Sn-Li-Lagerstätte Altenberg.

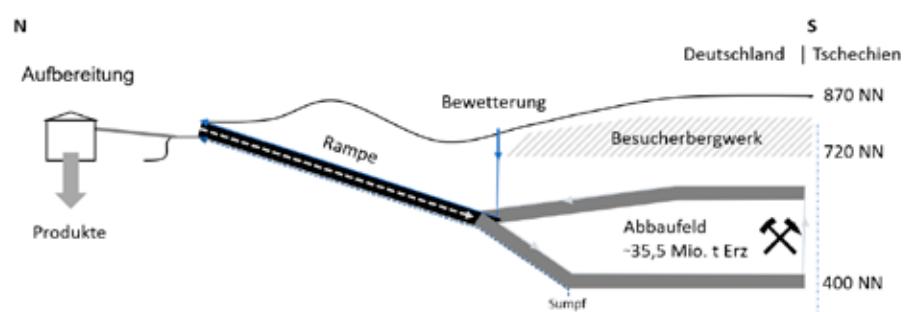


Abb. 12: Projektskizze des geplanten Abbaufelds in der Li-Sn-Lagerstätte Zinnwald (www.deutschelithium.de 2022)

### Erztyp 1 („Flöze“): Flach-einfallende Sn-W-reiche Quarz-Zinnwaldit-Topas-Gänge:

Zahlreiche zur Granitkontur parallel verlaufende und damit umlaufend streichende Klüfte wurden im Rahmen postmagmatischer Mineralisationsprozesse durch Kassiterit- und Wolframit-führende Quarz-Zinnwaldit-Topas-Gänge mineralisiert und waren Grundlage für den historischen Sn- und W-Bergbau im Raum Zinnwald-Cínovec (Abb. 7 - 9). Aufgrund ihrer flachen Lagerung und der hohen lateralen Kontinuität erhielten diese für das Erzgebirge unikalen Erzkörper in Anlehnung an den Kohlebergbau die bergmännische Bezeichnung „Flöz“.

### Erztyp 2 („Massive Greisenkörper“): Li-Sn-reiche Dunkelglimmer-Quarz-Topas-Fluorit-Greisen:

Wirtschaftlich bedeutende Li-Mineralisationen sind an flach lagernde Zinnwaldit-führende Greisen-Erzkörper gebunden, die durch den Altbergbau (Abb. 10 und 11) und zahlreiche Bohrungen im oberen Abschnitt der Zinnwalder Granitkuppel erschlossen und dokumentiert wurden (cf. Seifert & Kempe 1994; cf. Neßler et al. 2013, 2016, 2017; Deutsche Lithium GmbH 2022). Die o.g. Greisenkörper folgen – ähnlich den "Flözen" – umlaufend dem Granitkontakt und sind als flache, linsenförmige und irregulär begrenzte Erzkörper mit Mächtigkeiten von 1 m bis 30 m – stellenweise bis 50 m – ausgebildet. Sie erstrecken sich in einem Teufenbereich bis mindestens 400 m unter Gelände (Neßler et al. 2017; Deutsche Lithium GmbH 2022). Geringmächtige Greisen (i. d. R. < 2 m) sind zusätzlich als begleitender Saum im Liegenden und/oder Hangenden der "Flöze" und steilstehender Gänge entwickelt (Abb. 8).

Mit dem steigenden Bedarf an Lithium rückt die Li-Sn-(W)-Lagerstätte Zinnwald aufgrund bedeutender Li-Ressourcen erneut in den Fokus der Exploration. Lithium ist an das Mineral Zinnwaldit/

$(\text{KLiFe}^{2+}\text{Al}(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$  gebunden. Die International Mineralogical Association (IMA) beschreibt Zinnwaldit als eine Gruppe von Li-führenden, trioktaedrischen Dunkelglimmern der Siderophyllit-Polylithionit-Serie (Rieder et al. 1998). Der nach der Typlokalität im 19. Jahrhundert benannte Zinnwaldit hat einen Li-Gehalt von ca. 1,59 wt.%. Im Rahmen der von der TUBAF koordinierten „Li-Initiative Freiberg“ sind seit November 2009 die Li-Sn-Mineralisationen im Erzfeld Zinnwald-Cínovec im Fokus der Forschungsarbeiten des Bereichs Lagerstättenlehre und Petrologie (cf. Seifert & Gutzmer 2010; Seifert et al. 2011). Daraus entwickelte sich ab 2011 eine fruchtbereichende

### Snowball-Quarz

*Indikator für die Exploration von Sn-W-Li-Lagerstätten.*

*Typisch für den G V-Granit sind sog. „Snowball-Quarze“ (Trischler et al. 2022), die als Indiz für stark fraktionierte Magmen diskutiert werden (Müller et al. 2011). Die Bildung der Snowball-Quarze erfolgt in flach lagernden Magmenkammern, in denen durch laminares Fließen eine Rotationsbewegung erfolgt und vorwiegend tafelförmige Albite in den Quarz aufgenommen werden. Durch periodisches Entgasen der Magmenkammern entstehen in den Snowball-Quarzen Wachstumszonen mit radial angeordneten Einschlüssen der tafelförmigen Albit-Aggregate (Abb. 15). Die so gebildeten Snowball-Quarze sind in eine Matrix aus Quarz, Albit und Zinnwaldit eingebettet. Durch das schnelle Mineral-Wachstum werden das primär  $\text{SiO}_2$ -reiche Fluid untersättigt und die hexagonalen Snowball-Quarze im Randbereich wiederum korrodiert.*

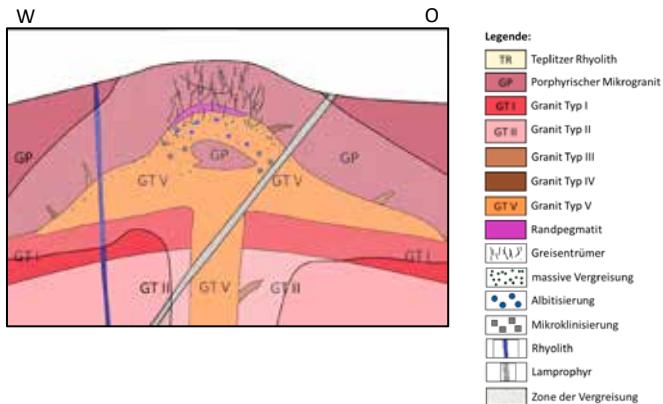


Abb. 14: Lagerstättenmodell der Li-Sn-Lagerstätte Schenkenshöhe-Hegelhöhe (nach Trischler et al. 2022 und weiteren Referenzen darin, modifiziert).

Zusammenarbeit mit der SolarWorld Solum GmbH (Neßler et al. 2016, 2017) und ab 2018 mit der Deutschen Lithium GmbH. Beide Firmen führten umfangreiche Explorationsarbeiten mittels Kernbohrungen und Bemusterung von Großproben im Besucherbergwerk Zinnwald durch (Abb. 11). Der erkundete Vorrat der Li-Sn-Lagerstätte Zinnwald (Status 2022) wird mit 35,5 Mio. t Roherz und einem Inhalt von 125.000 t Li-Metall angegeben (www.deutschelithium.de 2022; Abb. 12). Damit hat sich der Li-Vorrat im Vergleich zu den Angaben von 2009 verdreifacht.

### Li-Sn-Erzfeld Schenkenshöhe-Hegelhöhe

Am 11. August 2021 befuhr die Exkursionsgruppe das Altbergbau- und Explorationsgebiet Hegelshöhe im südlichen Teil des Erzfeldes (Altbergbau 1553 - 1856; Abb. 13). Aktuell wird das Gebiet von der Deutschen-Lithium GmbH im Rahmen des „Falkenhain-Projekts“ exploriert. Typisch für das Haldenmaterial im Altbergaugebiet Hegelshöhe sind massive Meta-Granitporphyrr-Dunkelgreisen, die den oberen Bereich der La-

gerstätte in Form von trümmer- oder gangförmigen Greisenzonen im Granitporphy (GP) bilden (Abb. 14). Die Pingenzüge folgen NW-SE- und NE-SW-Störungen. Der Abbau auf Sn, W, Cu und Ag erfolgte bis in eine maximale Teufe von ca. 100 m. Aus den hydrothermal überprägten, massiven gangförmigen Greisenzonen wurden im Altbergbau ca. 71 t Sn gewonnen (cf. Trischler et al. 2022).

Der teilweise vergreiste Granit Typ V (Albitgranit / G V) ist bis zu einige hundert Meter mächtig und intrudierte kuppförmig zwischen den Granit Typ I (GT I) und GP (Abb. 14). Im Apikalbereich von GV wurden von der Erz- und Spat-Gruppe des VEB Geologische Forschung und Erkundung (GFE) Freiberg massive Li-Sn-Greisenkörper nachgewiesen, die mit den massiven Li-Sn-Metaalbitgranit-Greisen in Zinnwald vergleichbar sind (cf. Trischler et al. 2022). Die Kalkulation der Vorräte, die auf zahlreichen Kernbohrungen der 1970er und 80er Jahre (GFE Freiberg; cf. Baumann et al. 2000)

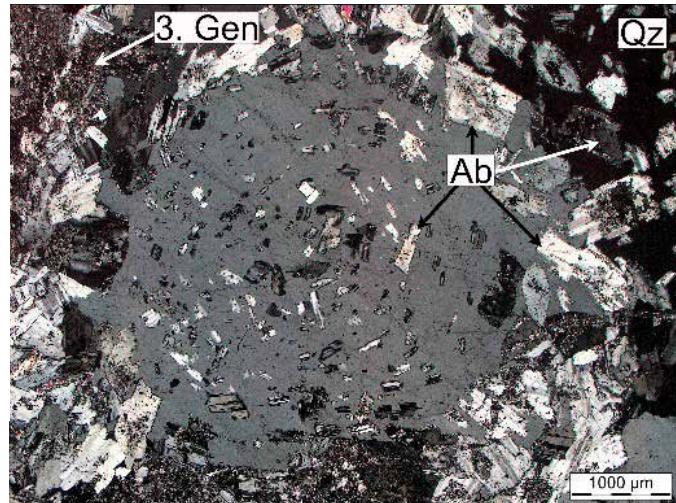


Abb. 15: Typischer „Snowball-Quarz“ (mittelgrau) mit Einschlüssen radial angeordneter tafel förmiger Albit-Aggregate (Ab) im Bereich der Wachstumszonen. Matrix: Quarz, Albit, Li-Glimmer (großtafig) und Serizit (3. Glimmer-Generation / 3. Gen.). Erkundungsbohrung Li-Sn-Lagerstätte Hegelhöhe, Bereich GV-Granit (aus Trischler et al. 2022)

und dem aktuellen „Falkenhain-Projekt“ basiert, belaufen sich auf 30.800 t Li, 42.780 t Sn und 6.126 t W (Deutsche Lithium GmbH 2022).

### Exkursions-Gebiet 2 / Mittleres Erzgebirge

#### Sn-W-Lagerstätte Geyer (Pinge)

Am 16. August 2021 befuhr die Exkursionsgruppe die Pinge der Sn-W-Lagerstätte Geyer und bemerkte die typischen gangförmigen Quarz-Topas-Glimmer-Kassiterit(-Wolframit)-Greisen im Bruchmaterial des Granit-Greisen-Stocks am Geyersberg, der einen Durchmesser von 200-250 m aufweist (Abb. 16 und 17). Die NE-SW bis ENE-WSW-streichenden Greisenzonen im Granitstock Geyersberg (2 bis 6 m mächtig) sind mit Trümmern und Gängen durchsetzt und zeigen z. T. beachtliche Sn-Reicherz-Nester (Stelzner 1865; Bolduan 1963; Hösel



Abb. 16: Pinge Geyer mit „Großen Knauer“ in der Mitte (davor der „Kleine Knauer“). Angeschnittene Abbaue des Altbergbaus (Feuersetzen) durch den Pingenbruch sichtbar. Im Hintergrund Mitte: Fichtelberg und Keilberg.



Abb. 17: Bemusterung der Sn-W-führenden Metagranit-Greisen im Bereich zwischen der nördlichen Pingenwand (links) und dem „Kleinem Knauer“ (rechts) durch die Exkursionsgruppe. Pinge Geyer.



Abb. 18: Kartierung des Greifenstein-Granites und kontaktmetamorph veränderter Schieferschollen im vermuteten Dachbereich der Intrusion. Der Greifenstein-Granit entspricht der Hauptphase des Ehrenfriedersdorfer Granites, der durch den Bergbau in ca. 300 - 350 m Teufe aufgefahren wurde und Trägergestein der Sn-Greisen (Ost- und Westgreisen) ist.



Foto: Fabian Cotsch

Abb. 19: Gruppenfoto am Sauberger Haupt- und Richtschacht. Links: Unterstützer der Exkursion Teil 2 Bergmann Frank Ihle (Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf); rechts: Prof. Dr. Thomas Seifert (Exkursionsleiter TUBAF).



Foto: Thomas Seifert

Abb. 20: Bildmitte: Unbenannter Gang mit post-Variszischer hydrothermaler Quarz-Baryt-Fluorit-Calcit-Mineralisation; rechte Bildhälfte: Skarnlinse im Quarz-streifigen Glimmerschiefer: Überprägung durch spät-Variszische Sn-W-Mineralisationen (Sn-Träger: Kassiterit; W-Träger: Scheelit). Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf, 2. Sohle, Bereich Aufbruchbühne.



Foto: Thomas Seifert

Abb. 21: Pneumatolytische Quarz-Wolframit-Kassiterit-Molybdänit-Mineralisation, Leimgrübner-Morgengang Nord, Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf, 2. Sohle.

et al. 1996). Bis zur 150 m- / 200m-Sohle ist ein klein- bis mittelkörniger porphyrischer Granittyp B das Trägergestein der Greisenzonen, in den ein klein- bis mittelkörniger, gleichkörniger Granit-Typ C intrudiert ist, der deutlich weniger Greisen-Mineralisationen zeigt (cf. Bolduan 1963; cf. Hösel et al. 1996). Der Sn-Bergbau im Erzfeld Geyer begann um 1395 und erreichte seine Blütezeit um 1740 mit 17 Zechen, 25 Pochwerken und Wäschern und vier Zinn-Hütten und einem nachweislichen Sn-Ausbringen von ca. 3.600 t im Zeitraum 1692 bis 1847 (cf. Bolduan 1963). Aufgrund sinkender Sn-Preise fand Ende des 18. Jh. ein Raubbau statt, woraufhin es zwischen 1791 und 1807 sieben große Pingenbrüche gab. Nachdem 1851 der Bergbau eingestellt worden war, führten steigende Sn-Preise 1907 zur erneuten Aufnahme des Bergbaus bis in eine Tiefe von 113 m; 1913 endete dieser erneute Bergbauversuch aufgrund Kapitalmangels (cf. Bolduan 1963). Die letzten Explorations-Aktivitäten im Bereich der Sn-(W)-Greisenlagerstätte Geyer erfolgten 1957-1960 im Rahmen der „Zinnprognose Erzgebirge“, in der umfangreiche Erkundungsar-

beiten bis zur 200 m-Sohle durch den Geologischen Dienst Freiberg erfolgten. Dabei nahm der Sn-Gehalt von der 113 m- (0,21 wt.%) über die 150 m- (0,19 wt.%) bis zur 200 m-Sohle (0,01 wt%) im tiefsten Bereich (unter der 150 m- bzw. 200 m-Sohle: jüngerer Granittyp C, cf. Bolduan 1963) stark ab (cf. Bolduan 1963).

### Greifensteingranit

Am 16. August 2021 kartierte die Exkursionsgruppe das Granitmassiv der Greifensteine einschließlich kontaktmetamorph veränderter Schieferschollen, die im Dachbereich der Intrusion vor ca. 320 – 315 Ma in die granitische Schmelze eingesunken sind und kontaktmetamorph in Hornfels umgewandelt wurden (Abb. 18). Im Greifensteingebiet treten über- und untertage alle aus dem Lagerstättendistrikt Ehrenfriedersdorf-Geyer bekannten Granit-Typen sowie bedeutende Mineralisationen der Sn-W-Assoziation auf (Hösel et al. 1994; Jung & Seifert 1996). Die weitaus größte Verbreitung hat der klein- bis mittelkörnige, gleichkörnige Typ C-Granit / Hauptmonzogranit, der auch in den Tiefbausohlen der verschiedenen Grubenfelder der

Sn-W-Lagerstätte Ehrenfriedersdorf der Hauptgranittyp ist und im gesamten mittelerzgebirgischen Antiklinalbereich in Erkundungs- und Forschungs-Bohrungen mit z. T. erhöhten Sn-, Li- und F-Gehalten nachgewiesen wurde (cf. Seifert & Baumann 1994).

### Sn-W-Lagerstätte Ehrenfriedersdorf (Grubenfeld Sauberg), Mineralmuseum der Zinnerzgrube

Nach einer Befahrung aller relevanten Aufschlüsse im Bereich der ausschließlich im Glimmerschiefer aufgefahrenen 2. Sohle des weit verzweigten Grubenfeldes Sauberg im Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf am 17. August, wurde am 18. und 19. August 2021 in vier Gruppen ein umfangreiches Kartierungspraktikum in ausgewählten Bereichen der 2. Sohle durchgeführt (Abb. 19-24).

Der Zinnbergbau in Ehrenfriedersdorf wurde urkundlich erstmals 1278 erwähnt (cf. Baumann et al. 2000). Das Sn-W-Mo-Li-Ag-In-Erzfeld Ehrenfriedersdorf-Geyer zeigt die im Erzgebirge größte Vielfalt von spät-variszischen Mineralisationen und Erztypen der Sn-W-Assoziation und nachgeordnet auch lo-



Foto: Thomas Seifert

Abb. 22: Bemusterung eines Lamprophyr-Dikes (Typ LD1 – prä-monzogranitisch) während des Kartierungspraktikums Teil 2. Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf, 2. Sohle.



Foto: Thomas Seifert

Abb. 23: Sn-Reicherzone mit Kassiterit-Kristallen (z.T. Zwillinge) in Verwachsung mit Quarz und Topas. Gang 17 mit Meta-Aplit-Sn-Reicherzone, Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf, 2. Sohle. Bildbreite ca. 0,5 m.



Foto: Thomas Seifert

Abb. 24: Vorführung bergmännischer Vortriebstechnik durch Bergführer Frank Ihle. Besucherbergwerk Zinngrube Ehrenfriedersdorf, 2. Sohle.

kale Sn-Polymetallsulfid-Reicherzonen (Kumann 1985; cf. Hösel et al. 1994; Seifert & Kempe 1994; Jung & Seifert 1996; cf. Baumann et al. 2000):

1. Typ Trümerzug (z. B. Gang 20<sup>1</sup>)
2. Typ kompakte Erzgänge (z.B. Leimgrübner-Morgengang; Abb. 21)
3. verschiedene Sub-Erztypen vererzter Aplite (z. B. Gang 17; Abb. 23)
4. Typ stockwerkartige Sn-Li-F-Metragranit-Greisen (z. B. Ost- und Westgreisen)
5. Gang- und nestförmige sulfidische In-reiche Sn-Zn-Cu-Erzkörper (Greifensteine-NE/Röhrenbohrerfeld)
6. pneumatolytisch überprägte Kalksilikat-Lager (Sn, W; Abb. 20).

Der Erztyp (4) ist bevorzugt im Endokontakt des Ehrenfriedersdorfer Granits ausgebildet, während die Erztypen (1), (2), (3) und (6) ausschließlich im Exokontakt (Glimmerschiefer) nachzuweisen sind. Erztyp (5) ist sowohl im Greifenstein-Granit als auch in dessen Exokontakt ausgebildet.

Post-Variszische Gang-Erze der Bi-Co-Ni-Ag-Assoziation wurden im Altbergbau vor allem in den Grubenfeldern Sauberg und Westfeld auf Ag-Erze abgebaut. Silber-Reicherze sind meist auf Strukturen älterer post-Variszischer Gangmineralisationen der Fluorit-Baryt-Assoziation bevorzugt im Exokontakt des Ehrenfriedersdorfer Granits zu finden (Abb. 20)

Im Rahmen der Bildung der „Vereinigt Feld-Fundgrube“ begann 1847 das Abteufen des Sauberger Haupt- und Richtschachtes (Abb. 19). Nach dem 2. Weltkrieg erlebte der Sn-Bergbau im Distrikt Ehrenfriedersdorf-Geyer einen enormen Aufschwung; von 1949 bis 1990 wurden 9,75 Mio. t Roherz gefördert, mit einem Metallinhalt der Konzentrate von ca. 10.650 t Sn (cf. Hösel et al. 1994). Nach der Einstellung des Bergbaus in diesem Distrikt im Jahr 1990 wurde folgender Vorratsstand an Sn-Erzen ausgewiesen (cf. Hösel et al. 1994): Sauberg / Westfeld (3,2 Mio. t @ 0,20 wt. % Sn), NW-Feld (5,5 Mio. t @ 0,18 wt. % Sn), Röhrenbohrer-Feld (2,9 Mio. t @ 0,20 wt.% Sn), Greifesteine-Süd (3,8 Mio. t @ 0,32 wt.% Sn) und Neundorf (1,7 Mio. t @ 0,21 wt.% Sn).

## Danksagung

Ein herzlicher Dank für die freundliche Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Exkursion „Sn-

Li ERZGEB - 2021“ gilt Herrn Dipl.-Ing. Christian Schröder (Bergbaumuseum Altenberg), Herrn Ing. Horst Giegling (Geising, Zinnwald) und dem gesamten Team des Besucherbergwerkes „Vereinigt Zwitterfeld zu Zinnwald“, Herrn M. Sc. Nikolas Trischler (Deutsche Lithium GmbH / TUBAF), Herrn Dr. Thomas Dittrich (Deutsche Lithium GmbH), Herrn Frank Ihle und Herrn Dipl.-Ing. Erik Ahner und dem gesamten Team des Besucherbergwerkes „Zinngrube Ehrenfriedersdorf“ sowie Frau Doreen Fischer (TUBAF, Sekretariat der Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie). Für die freundliche Unterstützung bei der Veröffentlichung im 29. Jahrgang von ACAMONTA danken wir vielmals Frau Annett Wulkow Moreira da Silva (TUBAF, ZUV, Archiv), Frau Petra Meister (Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.) und Herrn Karsten Seidel (Dzierzon Druck, Freiberg).

## Referenzen

Baumann L, Kuschka E, Seifert Th (2000). Lagerstätten des Erzgebirges. Enke im Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 303 pp.

Bolduan H (1963): Geologie und Genese der Zinn-Wolfram-Lagerstätte Geyer (Erzgeb.). - Freiberger Forschungs-Hefte, C 167, Leipzig: 7-34.

Deutsche Lithium. 2022. www.deutschelithium.de (Zugriff am 17. Januar 2022).

Hösel G, Fritsch E, Josiger U, Wolf P (1996). Das Lagerstättengebiet Geyer. Bergbaumonographie - Bergbau in Sachsen, Band 4, LfUG Sachsen, SOBA: 112 pp.

Hösel G, Hoth K, Jung D, Leonhardt D, Mann M, Meyer H, Tägl U. (1994). Das Zinnerz-Lagerstättengebiet Ehrenfriedersdorf / Erzgebirge. Bergbaumonographie - Bergbau in Sachsen, Band 1, LfUG Sachsen, SOBA: 195 pp. + Anlagen

Jung D, Seifert Th (1996). On the metallogeny of the late Hercynian tin deposit “Röhrenbohrer field”/Greifenstein area, Sn-W district Ehrenfriedersdorf-Geyer, Erzgebirge, Germany. Freiberger Forschungshefte, C 467, Freiberg, Germany: 131-150.

Kumann R (1985). Lagerstättentektonische und -paragenetische Bearbeitung der Zinngänge im Raum Ehrenfriedersdorf. Unpublished Dissertation, Bergakademie Freiberg, Germany. 81 pp. + Anlagen.

Kuschka E (1997). Atlas der Hydrothermalite des Vogtlandes, Erzgebirges und Granulitgebirges. Geoprofil 7, LfUG Freiberg, 151 pp.

Müller A, Leis B, Ullmeyer K, Breiter K (2011). Lattice-preferred orientations of late-Variscan granitoids derived from neutron diffraction data: implications for magma emplacement mechanisms. Int J Earth Sci, 100: 1515-1532

Neßler J, Seifert Th, Gutzmer J, Müller A, Stute S, Kühn K (2013). Lithium-Erkundung in Zinnwald, Osterzgebirge. ACAMONTA - Zeitschrift Verein für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg, 20: 33-35.

Neßler J, Seifert Th, Gutzmer J, Müller A, Bachmann T, Henker J, Stute S, Kühn K, Hartsch J, Helbig M, Sennwald R, Herklotz G (2016). Die historische Sn-W-Lagerstätte Zinnwald: neue Aspekte zum Rohstoffpotential des Osterzgebirges. In: Groß, U. (Hrsg.) „Glanzlichter der Forschung an der TU Bergakademie Freiberg - 250 Jahre nach ihrer Gründung“, Chemnitz Verlag: 22-37

Neßler J, Seifert Th, Gutzmer J, Müller A (2017). Beitrag zur Erkundung und metallogenetischen Charakteristik der Li-Sn-W-Greisenlagerstätte Zinnwald, Osterzgebirge, Deutschland. Freiberger Forschungshefte C 552 - Geowissenschaften, TU Bergakademie Freiberg, Germany: 390 pp. + Anlagen

Rieder M et al. (1998). Nomenclature of the Micas. Canadian Mineralogist 36, pp. 905-912.

Schilka W (2008). Geologisches NE-SW-Profil der Sn-W-Lagerstätte Altenberg. www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/ Geologisches%20Portrait/ Lagerst%C3%A4tte%20Seite (Zugriff: 09.01.2022)

Seifert Th (2008). Metallogeny and Petrogenesis of Lamprophyres in the Mid-European Variscides - Post-Collisional Magmatism and Its Relationship to Late-Variscan Ore Forming Processes (Bohemian Massif). IOS Press BV, Amsterdam, Netherlands: 303 pp.

Seifert Th, Baumann L (1994). On the Metallogeny of the Central Erzgebirge Anticlinal Area (Marienberg District), Saxony, Germany. In: von Gehlen, K; Klemm, DD (Eds.), Mineral deposits of the Erzgebirge/Krušné hory (Germany/Czech Republic): Reviews and results of recent investigations. Monograph Series on Mineral Deposits, 31: 169-190.

Seifert Th, Gutzmer J (2010). Li-reiche Sn(-W-Polymer)-Greisenlagerstätten im Freistaat Sachsen / Li-rich Sn(-W-polymetallic) deposits in Saxony. In: Voigt W. (ed), Freiberger Forschungsforum: 61. Berg- und Hüttenmännischer Tag, 9-11. Juni 2010, TU Bergakademie Freiberg, FK 3: „Lithium for Li-Ion Batteries - Resources and Recovery“, abstracts volume Fachkolloquium 3.

Seifert Th, Kempe U (1994). Zinn-Wolfram-Lagerstätten und spätvariszische Magmatite des Erzgebirges. Beihefte zum European Journal of Mineralogy, vol. 6, No. 2, Stuttgart: 125-172.

Seifert Th, Atanasova P, Gutzmer J, Pfänder J (2011). Mineralogy, geochemistry and age of greisen mineralization in the Li-Rb-Cs-Sn-W deposit Zinnwald, Erzgebirge, Germany. Mineralogical Magazine, 75(3), p. 1833.

Stelzner AW (1865). Die Granite von Geyer und Ehrenfriedersdorf, sowie die Zinnerzlagerstätten von Geyer. Verlag Gerlach, Freiberg.

Štemprok M, Novák JK, David J (1994). The association between granites and tin-tungsten mineralization in the eastern Krušné hory (Erzgebirge), Czech Republic. In: v. Gehlen, K., Klemm, D.D. (Eds.), Mineral deposits of the Erzgebirge/Krušné hory (Germany/Czech Republic). Monograph Series on Mineral Deposits, 31: 97-129

Trischler NM, Seifert Th, Dittrich T, Gilbricht S, Giegling H (2022): The Schenkenshöhe and Hegelshöhe lithium-tin-tungsten greisen deposits in the eastern Erzgebirge / Germany - satellite deposits of Zinnwald. 16th SGA Biennial Meeting, Rotorua, New Zealand, 28 - 31 March, 2022, abstract volume

Weinhold G (2002). Die Zinnerz-Lagerstätte Altenberg/Osterzgebirge. Bergbaumonographie - Bergbau in Sachsen, Band 9, LfUG Sachsen, SOBA: 275 pp. + Anlagen

1 durchschlägt LD1-Lamprophyre; Abb. 22)

# Erste Studienangebote in Europäischer Hochschulallianz EURECA-PRO

Carsten Drebendstedt, Iuliia Sishchuk, Tobias Fieback

Im Wintersemester 2022/23 starten gleich mehrere Studiengänge mit dem Schwerpunkt „Responsible Production and Consumption“ (RPC) an Hochschulen der Europäischen Allianz EURECA-PRO. Bachelor Studiengänge bieten die TU in Gliwice (SUT), Polen, die Montan-Universität Leoben (MUL), Österreich und die Hochschule Mittweida an. Ein erster Master Studiengang wird ebenfalls an der MUL angeboten; im Sommersemester 2023 folgt ein Master Studiengang an der SUT.

Auch die TU Bergakademie Freiberg bietet ab Wintersemester 2022/23 im Studiengang Bachelor „Engineering“ einen Teilstudiengang RPC an, der nach dem Grundstudium ab dem 3. Semester gewählt werden kann. Während die Ausbildung im Grundstudium weitestgehend auf Deutsch erfolgt, stehen für die Spezialisierung in RPC auch englischsprachige Module zur Verfügung, die auch an den genannten und weiterer Partnerhochschulen im fünften und sechsten Semester, semesterweise oder selektiv, in Präsenz unter Nutzung des ERASMUS-Mobilitätsprogramms und/oder je nach Verfügbarkeit auch Online, genutzt werden können. Dies ermöglicht einen bilingualen Abschluss. Auch das Praktikum und die Bachelorarbeit können nach Absprache in Kooperation mit den Partnerhochschulen ganz oder teilweise bei den Partnern absolviert werden.

Dank der engagierten Arbeit der Studienkommission des Studiengangs „Engineering“ und mit maßgeblicher Unterstützung durch die Fakultät Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Energietechnik steht dieses für unsere Universität neuartige Studienangebot nun für Studierende zur Wahl. Die fachlichen Inhalte des Schwerpunktes „Responsible Production and Consumption“ orientiert sich am gleichnamigen Nachhaltigkeitsziel (SDG) 12 der Vereinten Nationen für die nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft, auch als Agenda 2030 bekannt. Dabei geht es darum, den Einsatz von natürlichen Ressourcen wie Wasser, Energie und mineralische/ pflanzliche Rohstoffe im Konsum und in der Produktion weiter zu reduzieren, um die Grenzen unseres Planeten Erde bei wachsender Weltbevöl-

kerung und steigendem Lebensstandard nicht zu überschreiten. Neben der Optimierung von Prozessketten spielen dabei z.B. das Produktdesign und die Kreislaufwirtschaft zur Vermeidung von nicht wiederverwendbaren Abfällen eine bedeutende Rolle.

Derzeit befindet sich an der TU Bergakademie Freiberg auch der erste englischsprachige Master-Studiengang zum Thema RPC in Erarbeitung, der zum Wintersemester 2023/2024 angeboten werden soll. Er wird als „joint degree“ in vier Semestern gemeinsam mit der MUL und der Universität Leon, Spanien, angeboten. Bei einem „joint degree“ vergeben die beteiligten Hochschulen einen gemeinsamen Abschluß. Dieser „joint degree“ wird als Nukleus für den Beitritt der anderen Hochschulpartner entwickelt, denn Ziel der Europäischen Hochschulallianzen ist es, einen gemeinsamen Campus zu entwickeln, dessen Kern die gemeinsame Ausbildung bildet. Dafür ist in der Allianz EURECA-PRO das Team der TU Bergakademie Freiberg verantwortlich.

Ein weiterer wichtiger Schritt wurde auch zur Zusammenführung der Promotionsstudenten an den Partnerhochschulen mit der Bildung der „RPC Doctoral Studies“ RCP DS Group getan. Der RCP DS können Promotionsstudenten beitreten, die sich thematisch mit dem Thema befassen. Für die Beteiligten bieten sich eine ganze Reihe von Vorteilen zur Qualifizierung und Netzwerkbildung.

Neben der Arbeit an kompletten Studiengängen stehen deshalb auch ergänzende Studienangebote auf der Aufgabenliste. Bereits eingeführt wurde an der TU Bergakademie Freiberg ein Modul „Lecture Series“ zu RPC Themen, dass von den derzeit 7 Partnern gemeinsam in jedem Semester mit einem anderen thematischen Schwerpunkt angeboten wird. Im Sommersemester 2022 nahmen 400 Interessierte teil. Ebenfalls wurde das Modul „Summerschool“ zum Thema RPC eingeführt und erfolgreich durchgeführt. Jeder Partner kann dabei bis zu vier Studierende entsenden und fachliche Beiträge anbieten. Neue fachliche Module wurden zu den Themen „European Values“ und „Responsible Production“ entwickelt und



Das EURECA-PRO Team wurde für seine hervorragende Arbeit im Handlungsfeld „Internationale Kooperation“ mit dem Platz 1 des „Sustainability Award 2022“ des österreichischen Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie ausgezeichnet.

können im Wahlpflichtbereich gewählt werden. Neu ab Wintersemester 2022/2023 ist auch das Modul „PhD Journey“, das gleichzeitig für eine Woche in Präsenz an allen Partnerhochschulen stattfindet und an dem bis vier Vertreter jeder Partnerhochschule teilnehmen können. Damit können pro Durchgang bis zu 140 Promovierende erreicht werden.

Bevorstehende Aufgaben sind z. B. die Entwicklung und Integration von projekt- und problembasierten Studienangeboten, von „Transversal Skills“, von Kompetenzen im Bereich Innovationen und Unternehmertum ... Ein wichtiges Thema sind „Micro Credentials“, d.h. die Anerkennung des Wissenserwerbs in Kleinstmodulen.

Aber EURECA-PRO ist mehr als nur eine andere Form des internationalen Studierens. Das Ziel eines gemeinsamen Campuses führt viele Partner an den Hochschulen zusammen, z.B. die Internationalen Universitätszentren, die Sprachenzentren, die Rechenzentren, die Öffentlichkeitsarbeit, die Bibliotheken, die Justiziariate, die Verwaltungsstellen für Lehre und Forschung, die Verantwortlichen für die Kommunikation der Hochschulen in die Gesellschaft (Third Mission), ... und natürlich die Hochschullehrer.

Derzeit wird intensiv an der Vorbereitung der Phase 2 gearbeitet, die sich nach der dreijährigen Startphase ab 01.11.2023 für vier Jahre anschließen soll. Zwei bis drei weitere Hochschulpartner werden dann dazu kommen.

Details können unter <https://www.eurecapro.eu/> eingesehen werden. Zu den Arbeiten in Freiberg informiert aktuelle ein Beitrag in Springer Nature unter <https://doi.org/10.1007/s00501-022-01281-9>

# Mit „Digitalen Lehrsammlungen“ die Lehre von heute und morgen stärken

## Ein Projektbericht

Andreas Benz, Helen Böttcher, Daniel Eger Passos, Gerhard Heide, Marcus Herbig, Michael Hohf, Bernhard Jung, Karl Klemm, Thilo Kreschel, Edwin Kroke, Jens Kugler, Stefanie Nagel, Johannes Vater, Thomas Wotte



**Stiftung  
Innovation in der  
Hochschullehre**

Seit 2021 fördert die ein Jahr zuvor auf Initiative von Bund und Ländern gegründete *Stiftung Innovation in der Hochschullehre* die Erneuerungsfähigkeit der Lehre an den bundesdeutschen Hochschulen. Aufgebaut unter dem Dach der Toepfer Stiftung GmbH erhält sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben aktuell jährlich ein Budget von 150 Millionen Euro, die ab 2024 gemeinsam von Bund und Ländern aufgebracht werden.<sup>1</sup> Ihre erste Fördermaßnahme legte die Stiftung 2021 mit dem Programm *Hochschullehre durch Digitalisierung stärken* auf und traf damit inmitten der COVID-19-Pandemie den Nerv der Zeit. Die vom Prorektorat Strukturentwicklung eingeworbenen Mittel setzt die Bergakademie wiederum ein, um im Rahmen der gesamtuniversitären Initiative *Virtuelle Fakultät*<sup>2</sup> 16 Einzelprojekte zu fördern, die die Stärken digitaler Anwendungen zukünftig offensiv in der Lehre nutzen wollen. Unter dem Dach des Akryonyms *VirtFa@TUBAF* wirken seit Oktober 2021 circa 25 BearbeiterInnen einzeln oder in kleinen Teams in den Arbeitspaketen *Virtuelle Lehr-/Lernangebote, Praxislehre Digital, E-Assessment und Digitale Prüfungen* sowie *Virtuelle bzw. Digitale Lehrsammlungen* unter einer zentralen Projektkoordinierung diesem Ziel entgegen.

In vielen Fächern der Natur- und der Ingenieurwissenschaften sind Sammlungen unverzichtbare Lehrmittel. Wissen-

sen über die Gesetzmäßigkeiten und Varianz von Mineralen, Gesteinen, Fossilien, chemischen Präparaten und metallurgischer Produkte z. B. lassen sich in den entsprechenden Praktika und Seminaren nur am Objekt begreifbar [sic] machen. Dies ist weiterführend für das Erlernen von Analyseverfahren wie die Mikroskopie ebenso unverzichtbar. Diese Lehrsammlungen stehen den Studierenden nur für kurze Zeit und unter Aufsicht zur Verfügung, ein selbstständiges Üben oder Wiederholen ist nicht möglich. Hier setzt das Verbundprojekt Digitale Lehrsammlungen an. In dem Projektzeitraum sollen digitale Zwillinge ausgewählter Sammlungsobjekte erstellt werden, die der Entwicklung einer geeigneten Digitalisierungsmethodik vorangeht. Dabei kann auf die umfangreichen Erfahrungen abgeschlossener und laufender Digitalisierungsprojekte aus den Geowissenschaften<sup>3,4,5,6,7,8</sup> und der Chemie<sup>9</sup> zurückgegriffen werden. Dieses Teilprojekt umfasst jene Maßnahmen, die das zukünftige Lehrangebot mit

3 Digitalisierung und Erschließung der Außenrennzeichensammlung, der Oryktognostischen und Edelsteinsammlung von Abraham Gottlob Werner. <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/203212518>

4 Digitalisierung und Erschließung der Dünnenschliffsammlung. <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/203225869>

5 Digitalisierung und Erschließung der Brennstoffgeologischen Sammlung. <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/203213411>

6 ESF-NFG Entwicklung von Standards für geowissenschaftliche Objekte. <https://tu-freiberg.de/projekt-gods>

7 Digitalisierung von Dünnenschliffen in ROHSA 3 - Rohstoffe Sachsen (LfULG) <https://www.rohstoffen.sachsen.de/projekt-rohsa-3-4140.html>

8 6. Workshop: Digitalisierung in den Geowissenschaften - Vom digitalen Objekt zur virtuellen Lehrsammlung <https://tu-freiberg.de/bht/73-bht-fachkolloquium-7>

9 Erschließung, Digitalisierung und Visualisierung der Clemens-Winkler-Sammlung anorganisch-chemischer Präparate. <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/465474202>

für die Lehre relevanten Sammlungsbestände virtuell ergänzen. Dabei geht es im Allgemeinen um die Digitalisierung ausgewählter Konvolute samt Annotation vielfältiger Metadaten und deren multimedialer Aufbereitung bis hin zur Entwicklung spezieller Lehr- und Lernsoftware, einschließlich der Integration in weiterzuentwickelnde Lehrkonzepte sowie ihrer Erprobung. Am Ende stehen der erweiterte Zugang zu Objekten, Daten und Wissen und die Aufwertung des (Selbst-)Studiums um moderne Formate im Vordergrund.



Übungssammlung Spezielle Mineralogie

### Paläontologische Sammlungen

Die Lehrsammlung der Paläontologie/Stratigraphie umfasst einen Querschnitt der wichtigsten Tierstämme wirbelloser Tiere aus verschiedenen Erdzeitaltern. Sie wird stetig ausgebaut und dient in den Lehrveranstaltungen als Anschauungsmaterial, welches die Studierenden in die Hand nehmen und somit buchstäblich begreifen können. Damit dient sie als Ergänzung zur Paläontologischen Sammlung der Universität, die eine weltweit wichtige Typen- und Originale-Sammlung (etwa 9.000 Veröffentlichungsoriginale, darunter zahlreiche Erstbestimmungen) beinhaltet.

Das Teilprojekt hat zum Ziel, die in den Lehrveranstaltungen genutzten, prüfungsrelevanten Objekte mittels modernster 3D-Scanning-Technik zu digitalisieren. Dies ermöglicht den Studierenden einen ständigen und sehr flexiblen Zugriff (zeitlich und örtlich)

1 Vgl. Stiftung Innovation in der Hochschullehre: Über uns - Organisation & Struktur, online: <https://stiftung-hochschullehre.de/ueber-uns/organisation-und-struktur/>

2 Vgl. TU Bergakademie Freiberg, Prorektorat für Strukturentwicklung: Arbeitspapier Digitalisierung in Studium und Lehre an der TU Bergakademie Freiberg, Nov. 2019, online: <https://bildungspotrait.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/20206813184/CourseNode/100866174726898>

auf die Objekte, die sonst ausschließlich unter Aufsicht während der Lehrveranstaltungen ausgegeben werden können.

Für die Realisierung des Projektziels arbeitet der Forschungsbereich Paläontologie/Stratigraphie des Instituts für Geologie eng mit dem Forschungsbereich Virtuelle Realität und Multimedia des Instituts für Informatik zusammen. Die Implementierung der dreidimensional erfassten Objekte in Virtual Reality (VR)- und Augmented Reality (AR)-Anwendungen eröffnet neue, innovative Möglichkeiten für Lehrende sowie Studierende. Verschiedene Formate, die in naher Zukunft erprobt werden, sind hierfür vorstellbar; wie etwa eine interaktive Lernplattform, die an der Schnittstelle zu OPAL fungiert und in die bereits vorhandene digitale Lehre integriert werden kann. Die Lehrsammlung der Paläontologie/Stratigraphie ist damit Vorreiter auf diesem Feld und das erste Projekt, welches sich zusätzlich zur Metadaten-Ebene auch mit der sogenannten „Mixed Reality“ befasst.

Zentral für die Erarbeitung der digitalen Konzepte und deren didaktischer Umsetzung sind die hochauflösenden 3D-Modelle. Zum Erzielen von auf den Mikrometer genauen digitalen Zwillingen der realen Objekte wird ein Streifenlichtscanner der Firma Hexagon (SmartScan) genutzt. Dieser liefert eine hohe Punktdichte, auf deren Grundlage die 3D-Modelle erzeugt und mittels verschiedener Software weiterverarbeitet werden können. Die im Projekt genutzten Anwendungen (Apps) werden vor Ort für verschiedene Endgeräte, wie iPads und VR-Brillen, entwickelt. Dies ermöglicht eine hohe Anpassungsfähigkeit an die Ansprüche der Objekte und der digitalen Umgebung. Es werden spezifische Funktionen implementiert, die beispielsweise das optische Kennzeichnen bestimmter Bereiche der 3D-Modelle sowie das Setzen von Annotationen an die Objekte ermöglichen. Ebenso wird an der Integration der 3D-Modelle in das Mixed Reality-Labor (MRLab) der neuen Universitätsbibliothek und in die CAVE gearbeitet. Weitere Anwendungen, wie zum Beispiel der 3D-Druck von Objekten zu Forschungszwecken, sind angedacht.

Das Konzept des MRLab zielt primär auf die Schaffung und Etablierung eines hybriden Lernraums in der TU Bergakademie Freiberg ab. In den zentralen Räumlichkeiten der Universitätsbibliothek soll ein Raum für das Erleben, Erfor-

schen und Entwickeln von innovativen Mixed Reality Anwendungen entstehen. Diese Technologien besitzen ein enormes Potenzial für die individuelle Wissensaneignung v.a. durch Interaktivität mit 3D-Objekten und werden bereits in verschiedenen Instituten der Universität verwendet. Es ist davon auszugehen, dass der Einsatz dreidimensionaler Objekte im Lehr-/Lernkontext besonders im naturwissenschaftlichen Forschungsumfeld an Bedeutung weiter zunehmen wird. Entsprechend soll durch die Schaffung dieses innovativen Raumes für das Potenzial von AR- und VR-Technologien unter Berücksichtigung der fachspezifischen Anforderungen sensibilisiert werden. Das entstehende MRLab steht für innovative Lehre und Forschung an der TU Bergakademie Freiberg und soll auch für externe Nutzergruppen zugänglich sein. Für die Benutzerbetreuung ist die Universitätsbibliothek der TU Bergakademie Freiberg zuständig. Neben dem erwähnten Raum zur interaktiven Arbeit mit 3D-Modellen wird zudem noch ein Produktions- und Seminarraum eingerichtet. Im Rahmen des VirtFa-Projekts ist die Universitätsbibliothek darüber hinaus in die Konzeptentwicklung involviert, um die existierenden relevanten Infrastrukturen für die Anwendung und Weiterentwicklung innovativer Lehr- und Lernangebote im MRLab zu integrieren.



Übungssammlung Petrographie.

### Mineralogische, Petrographische und Kristallographische Sammlungen

Das Grundstudium im Institut für Mineralogie umfasst die allgemeine und spezielle Mineralogie, die Kristallographie und die Petrographie. Das in den Vorlesungen vermittelte Wissen wird, in Vorbereitung auf die Geländepraktika und -arbeit, in Seminaren und Übungen an Sammlungen von Handstücken, Kristallmodellen und petrographischen Dünnschliffen vertieft und geübt. Auf der Grundlage einer präzisen Bestim-

mung der sichtbaren Eigenschaften (Analyse) soll die korrekte Identifizierung (Synthese) des Minerals, des Gesteins oder der Symmetriegruppe erfolgen und diskutiert (Antithese) werden. Die mineralogischen, petrographischen und kristallographischen Sammlungen stehen nicht nur als Übungssammlung zur Verfügung, sondern ergänzen als Schausammlungen auch die Ausstellungen des Werner-Baus, von Schloss Freudenstein (*terra mineralia*) und des Krüger-Hauses (Mineralogische Sammlung Deutschland). Diese Ausstellungen stehen außerhalb der regulären Übungszeit dem Selbststudium, teilweise auch am Wochenende, zur Verfügung. Die Petrographie jedoch ist bereits im Grundstudium auf die Polarisationsmikroskopie angewiesen. Hier werden Dünnschliffe von Gesteinen<sup>10</sup> unter polarisiertem Licht analysiert und die Studierenden sollen erlernen, die Minerale des Gesteins mit Hilfe der Interferenzfarbe<sup>11</sup> und weiteren Merkmalen wie z. B. Auslöschungsschäfe, dem optischen Charakter und dem Pleochroismus zu bestimmen. Die Polarisationsmikroskope stehen den Studierenden allerdings nur in den Übungszeiten in speziell eingerichteten Übungszimmern zur Verfügung. Deshalb wurde in diesem Teilprojekt mit der Digitalisierung der petrographischen Dünnschliffsammlung begonnen.

Die Digitalisierung ausgewählter petrographischen Dünnschliffe aus der Lehrsammlung wurde mit einem motorisierten x-y-Mikroskopietisch der gesamte Dünnschliff mit einfach linear polarisiertem Licht und mit gekreuzten Polarisatoren aufgenommen und anschließend zu einem Gesamtbild zusammengefügt,<sup>12</sup> sodass der Studierende den Dünnschliff, ähnlich wie im Mikroskop, frei bewegen kann.<sup>13</sup> Das

10 transparente, 25 µm dünne, auf 28 x 48 mm große Glasträger aufgeklebte Gesteinsscheiben

11 s. z.B. Interferenzfarbtafel nach Michel-Lévy, Abb. 4-29, S. 88 in: Michael M. Raith, Peter Raase, Jürgen Reinhardt (2012) Leitfaden zur Dünnschliffmikroskopie, [http://www.minsocam.org/msa/OpenAccess\\_publications/Guide\\_Thin\\_Sctn\\_Mcrscpy\\_index.html](http://www.minsocam.org/msa/OpenAccess_publications/Guide_Thin_Sctn_Mcrscpy_index.html)

12 Stiching

13 s. z. B. [https://webapp.senckenberg.de/zoomify/index\\_full.html?image=bilder/aq-media/aquila-freiberg-test/images\\_tiled/1/000071\\_002-5x-xpol.zif](https://webapp.senckenberg.de/zoomify/index_full.html?image=bilder/aq-media/aquila-freiberg-test/images_tiled/1/000071_002-5x-xpol.zif) und [https://webapp.senckenberg.de/zoomify/index\\_full.html?image=bilder/aq-media/aquila-freiberg-test/images\\_tiled/1/000071\\_001-5x-lpol.zif](https://webapp.senckenberg.de/zoomify/index_full.html?image=bilder/aq-media/aquila-freiberg-test/images_tiled/1/000071_001-5x-lpol.zif) in: <http://webapp.senckenberg.de/aquila-freiberg/search?searchTerm=uid:1-71>

erforderliche Upgrade der Software wurde ebenfalls aus dem Projekt finanziert.



Übungssammlung Petrographische Dünnschliffe.

### Winkler-Sammlung

Die Lehrsammlung anorganisch-chemischer Präparate der TU Bergakademie Freiberg wurde von Clemens Winkler begonnen. Er versiegelte verschiedene anorganische Substanzen in Glasampullen, die dann mit einem Holzfuß als Ständer versehen in der Vorlesung gezeigt werden konnten. Heute umfasst die Sammlung etwa 1.400 Präparate. Ganz besonders ist die Dokumentation der Forschungsergebnisse, die sich anhand der Sammlung nachvollziehen lässt: So ist die gesamte Entdeckungsgeschichte des Germaniums<sup>14</sup> in sorgfältig abgeschmolzenen, mit einer handschriftlichen Beschriftung versehene Ampullen dokumentiert.

Heute wird die Sammlung weiterhin in der Präsenzlehre eingesetzt. Zu jeder Vorlesung in der anorganischen Chemie werden ausgewählte Präparate den Studenten präsentiert, die auch vor und nach der Vorlesung gern noch einmal genauer betrachtet werden können.

Für die Digitalisierung werden alle Präparate einzeln mit mindestens zehn Fotos aufgenommen, acht Fotos jeweils gedreht im Winkel von 45° und eines von der Standfläche sowie eines mit einer Standard-Graukarte zum Weißabgleich. Hinzu kommt ein Foto mit einer Farbkarte, um die Kalibrierung der Farben vorzunehmen. Um die Drehung um 45° zu vereinfachen, ist ein Arduino Nano<sup>15</sup> mit einem Schrittmotor installiert und von der Werkstatt des Betriebsbereichs der Fakultät damit ein Axialkugellager zu einem Drehteller

ausgebaut worden. Die erhaltenen und bearbeiteten Bilder werden anschließend unter die CC0-Lizenz<sup>16</sup> gestellt. Neben den Bildern werden alle Metadaten der Objekte gesammelt, wobei sich das Format am LIDO 1.0-Standard orientiert,<sup>17</sup> wobei dieser aber um chemische Informationen erweitert wird. Alle Digitalisate werden anschließend in eine Web-Oberfläche zur Anzeige eingebunden.

Für die Lehre werden spezielle Funktionen in unserer eigenen Web-Oberfläche eingebaut. Dazu zählen Zusammenstellungen zu virtuellen Rundgängen durch die Sammlung, passend zu den Vorlesungsthemen. Zur Identifizierung der Objekte erhält jedes eine „Visitenkarte“: Auf einer Seite ist der Name, die Identifikationsnummer des Objekts und ein QR-Code abgebildet, auf der anderen die Gefahrensymbole, das Signalwort und die H- und P-Sätze. Werden in Präsenzveranstaltungen die Präparate ausgestellt, so können die Studierenden den QR-Code scannen, um mehr Informationen zu dem Objekt zu erhalten.

Bei der Digitalisierung sind bereits einige Fragen zu den Objekten aufgeworfen worden. Beispielsweise ist unbekannt, welches Gegenion in der „Ammoniaklischen Cobaltosalzlösung“ enthalten ist. Solche Fragen und Fragen mit Vorlesungsbezug sollen ebenfalls in den Datensätzen erfasst werden. Zu den Fragen werden die Antworten, sofern sie bekannt sind, eingetragen. Dadurch können die Studierenden weitere Informationen zum Objekt erhalten oder Interessantes zur Chemie lernen.

### Sammlung für Eisenmetallurgie

Der Sammlung für Eisenmetallurgie widmet sich ein Vorhaben des Instituts für Eisen- und Stahltechnologie (IEST, Fakultät 5) und der Kustodie am Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG, Fakultät 6). Neben der fachlichen Ergänzung bei der Sammlungserstellung steht das gemeinsame Ziel im Mittelpunkt, deren Nutzung bei bisher einzelnen Lehrveranstaltungen des IEST wie etwa die Qualitätssicherung in der Metallurgie auf weitere Bereiche zu erweitern, sowohl in der Lehre des IEST als auch am IWTG. Dabei lassen

sich mittelfristig auch interdisziplinäre Angebote in Kooperation beider Institute schaffen.



Probe eines Stauchversuchs an austenitischem Stahl



Rohr mit Hochtemperaturkorrasion

Die Sammlung umfasst circa 1.500 Objekte und ebenso vielen Etiketten, die in ihrem Ursprung teilweise bis auf Adolf Ledebur (1837-1906) zurückgehen. Mit dessen Berufung Mitte der 1870er Jahre etablierten sich die Sammlungsbereiche *Eisenhüttenkunde* und *Mechanisch-metallurgische Technologie*. Fortgeführt von seinen Nachfolgern befinden sich darunter insbesondere Proben von Eisenerzen, anderen Roh-, Zuschlags- und Hilfsstoffen für die Verhüttung, Schlackeproben und unterschiedlichste Stücke aus den weiterverarbeitenden Produktionsprozessen, wie etwa zur Gefügeanalyse oder Festigkeitsprüfung. Seit frühster Zeit wurden auch fehlerhaft gearbeitete Produkte und Halbprodukte sowie Schadensbilder aus der Herstellungs- und Anwendungspraxis aufbewahrt. Heute verteilt sich die Sammlung in annähernd gleichen Teilen auf das IEST im Ledebur-Bau und das Depot

14 C. Winkler, „Mittheilungen über das Germanium“, J. Prak. Chem. 1886, 34 (1), 177-229, DOI: 10.1002/prac.18860340122.

15 M. Herbig, U. Böhme, „Königliches im Labor“, Nachr. Chem. 2019, 67 (7-8), 31-34, DOI: 10.1002/nadc.20194088743.

16 <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.de>

17 <https://lido-schema.org/>



Fotoreihe eines Objekts aus der Winkler-Sammlung. Für die acht Bilder wurde es jeweils um 45° gedreht, anschließend die Standfläche fotografiert.



Vitrine Ledebur-Bau / Sammlungsschrank Kustodie

der Kustodie, jedoch ist die Dokumentation in Wort und Bild an beiden Standorten gleichermaßen heterogen.

Im Projekt ist zunächst die vollständige Erfassung und systematische Erschließung der Bestände vorzunehmen. Die stufenweise Evaluation der (Nicht-) Nutzung der Sammlung unter den Mitgliedern der beteiligten Institute, soll die Frage nach künftigen Formaten und anderen Bedarfen für deren Überführung in virtuelle Lehr- und Lernangebote klären helfen. Darauf aufbauend können bisherige Lehrveranstaltungen weiterentwickelt und neue Konzepte für das E-Learning erstellt werden. Sobald die didaktischen Ziele und die Objektauswahl für ein Angebot definiert sind, folgt die Digitalisierung der ent-

sprechenden Objekte durch Fotografie, Film oder 3D-Scan. Anschließend ist die Überführung der Daten in eine webbasierte Anwendung vorgesehen, die letztlich auch für die digitalen Lehrformate genutzt werden soll.

Ziel der Kooperation des Instituts für Geologie, des Instituts für Informatik und der Universitätsbibliothek ist es zudem nicht nur die Exponate aus Lehr- und Forschungssammlungen als digitale 3D-Modelle detailgetreu zu visualisieren, sondern auch mit Annotationen und Metadaten fachdidaktisch aufzubereiten und für die Wiederverwendbarkeit zur Verfügung zu stellen. Die offene und freie Bereitstellung dieser Bildungsmaterialien (OER – Open Educational Resources) bildet einen wichtigen Baustein von Open Science. OER bietet zum einen das Potenzial, neue Einsatzgebiete und Lösungen für die eigene Lehre zu erschließen und ermöglicht andererseits über die TUBAF hinaus Akzente zu setzen. Um die Langzeitarchivierung und eine verbesserte Auffind- und Nachnutzbarkeit zu gewährleisten, werden die Fotografien und 3D-Modelle daher in die neuen Bild- und Mediendatenbank der

TU Bergakademie Freiberg – „TUBAF-  
media“ – eingepflegt, die seit Ende 2021 hauptverantwortlich von der Universitätsbibliothek betrieben wird.<sup>18</sup>

### Resümee / Ausblick

In der Zwischenzeit sind alle vier Projekte erfolgreich gestartet und haben mit den oben skizzierten Arbeiten begonnen. Darüber hinaus findet sowohl mit der VirtFa-Projektleitung als auch untereinander ein regelmäßiger Austausch statt. Innerhalb des Sammlungsprojekts gab es mehrere Vor-Ort-Termine, um sich gegenseitig die Bestände vorzustellen und über gemeinsame Ansätze für die Bearbeitung zu diskutieren. Auch an der diesjährigen „Nacht der Wissenschaft“ haben sich verschiedene Projektmitarbeiter beteiligt und die interessierte Öffentlichkeit über die Digitalisierungsvorhaben informiert. Leider haben im Sommer zwei Kollegen ihre Teilprojekte verlassen. Glücklicherweise konnten die Stellen jedoch sehr schnell wiederbesetzt werden und das Gesamtprojekt zuversichtlich in sein zweites Jahr gehen.

18 Siehe Beitrag auf Seite 134

## MINT-EC – Das nationale Excellence-Schulnetzwerk

Kathrin Häußler<sup>1</sup>

MINT-EC ist das nationale Excellence-Netzwerk von Schulen mit Sekundarstufe II und ausgewiesenum mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Schulprofil. Ziel des Netzwerks ist es, die Leuchtturm-Schulen bei ihrer Entwicklung zu MINT-Talentschmieden mit hochkarätigen Angeboten für Schülerinnen und Schüler, Lehrkräfte und Schulleitungen zu fördern. Die Initiative ist zwischenzeitlich über die Grenzen Deutschlands hinausgewachsen. Dem Netzwerk gehören auch Schulen in den USA, Österreich und der Türkei an; Partnerschulen

gibt es in Griechenland und Ecuador.

### Aufgaben des Netzwerks

- Aktivierung und Gewinnung von Schülerinnen und Schülern für MINT-Studiengänge und -Ausbildungen
- Aufbau von Kooperationsnetzwerken zwischen Schulen, Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen
- Weiterbildung der MINT-Fachlehrkräfte
- Optimierung des Schulmanagements und Beförderung des Aus-

tauschs und des Wettbewerbs zwischen den Schulen

- Stärkung des Selbstorganisationsprozesses der Schulen als mathematisch-naturwissenschaftliche Schwerpunktschulen
- Digitalisierung an den Schulen vorantreiben

1 MINT-ec-Koordinatorin der TU Bergakademie Freiberg

### Fotos

Kathrin Häußler, sowie MINT-ec



In der CAVE des Instituts für Informatik



Besuch im Karzer mit Birgit Seidel-Bachmann

## Instrumente

- Mehrtägige Forschungsveranstaltungen für Schülerinnen und Schüler in Kooperation mit den jeweiligen Partnerschulen, Hochschulen, Forschungsinstituten und Unternehmen
- Wettbewerbe unter Schülern und Schulleitungen
- MINT400 - Das Hauptstadtforum als größte Netzwerkveranstaltung für Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte
- Schulleitertagungen und -trainings zu Schulmanagement und -entwicklung
- Fachtagungen und Fortbildungen für Fachlehrkräfte
- Fachvertiefende interdisziplinäre Themencluster für Schulleitungen und Lehrkräfte
- Pilotprojekt HPI Schul-Cloud: Entwicklung einer digitalen Lehr- und Lernplattform unter Einbezug der MINT-ec-Schulen
- Alumni-Netzwerk für ehemalige MINT-ec-Schülerinnen und -Schüler

## Reichweite

- 339 Gymnasien und Schulen mit gymnasialer Oberstufe
- 360.000 Schülerinnen und Schüler
- 29.500 Lehrkräfte

Die TU Bergakademie Freiberg ist seit vielen Jahren Mitglied und Partner des MINT-ec. Seit 2015 finden jährlich drei bis vier MINT-ec-Camps zu unterschiedlichen Themen statt: „Zukunft Werkstoffe“, „Zukunft Energie“ oder auch Camps zum Thema "Additive Fertigung".

Neben der Teilnahme an den Netzwerkveranstaltungen für Schülerinnen und Schüler (MINT400) und den Schulleitertagungen mit Messeständen zur Studieninformation, Workshops und Vorträgen für unterschiedliche Zielgruppen arbeitet die TU Bergakademie

Freiberg aktiv im Cluster „Zukunft Werkstoffe“ bei der Fortbildung von Lehrkräften mit.

Eine Besonderheit der Aktivitäten des MINT-ec-Netzwerks sind die seit 2018 stattfindenden internationalen MINT-ec-Camps gemeinsam mit der Ellinogermaniki Agogi in Pallini /Griechenland.

Im Juli 2022 fand das 3. Internationale MINT-ec-Camp „Zukunft Werkstoffe“ an der TU Bergakademie Freiberg statt. 18 Schülerinnen und Schüler von Schulen des nationalen Excellence-Schulnetzwerks MINT-ec erhielten vom 18. bis 21. Juli einen Überblick über Fragen zum nachhaltigen Umgang mit endlichen Ressourcen. Die Teilnehmer reisten aus MINT-ec-Partnerschulen in Deutschland (s. Liste der teilnehmenden Schulen) sowie der griechischen MINT-ec-Partnerschule Ellinogermaniki Agogi nach Freiberg. Während des Camps bekamen die Gruppenmitglieder Einblicke in verschiedene Forschungsbereiche, Studiengänge und Einrichtungen der Universität.

Im Rahmen eines Escape-Abenteuers erlebten sie spielerisch Methoden und Arbeitsweisen der Werkstoffwissenschaftler, indem sie bspw. verworrene Labornotizen entziffern, sich Zugang zu verschlossenen Räumen verschaffen und die Experimente von verschollenen Forschenden zu Ende bringen sollten. In einem Projektionsraum für interaktive Virtual-Reality-Erfahrungen, der CAVE des Instituts für Informatik, erkundeten die Jugendlichen technische Systeme und komplexe Umgebungen. Sie untersuchten facettenreiche 3D-

Modelle des Untergrunds und visualisierten Prozesse, die unter normalen Bedingungen für Menschen nicht einsehbar sind, wie bspw. die bei der Fertigung von Metallschmelzen.

Außerdem standen für die Schülerinnen und Schüler auf dem Programm: der Besuch der Mineralienausstellung der TU Bergakademie Freiberg - terra mineralia, der interaktiven Rohstoff-Ausstellung „Vom Salz des Lebens“, ein Ausflug in die UNESCO-Weltkulturerbe-Region Erzgebirge mit einer Befahrung des Markus-Röhling-Stollns sowie ein Besuch der „Manufaktur der Träume“.

## Teilnehmende Schulen aus dem Netzwerk MINT-ec

- Ellinogermaniki Agogi, Athen
- Geschwister-Scholl-Gymnasium Freiberg, Freiberg
- Graf-Münster-Gymnasium, Bayreuth
- Gymnasium am Markt, Achim
- Gymnasium bei St. Michael, Schwäbisch Hall
- Gymnasium Halepaghen-Schule, Buxtehude
- Gymnasium Schloß Neuhaus, Paderborn
- Julius-Motteler-Gymnasium, Crimmitschau
- St.-Michaels-Gymnasium Metten, Metten
- Winfriedschule Fulda, Fulda



Im Markus-Röhling-Stolln

# Alumni kehren zum Diamantenen Diplom-Jubiläum nach Freiberg zurück

Constance Bornkampf

Am 1. Oktober 2012 fand in Freiberg ein großes Wiedersehen von Absolventen des Jahres 1962 aus 20 Fachrichtungen statt. 305 ehemalige Studierende und ihre Lebenspartner beginnen das 50-jährige Jubiläum des Diplomabschlusses.

Zehn Jahre später, am 21. September 2022, trafen sich 110 dieser Absolventen und Absolventinnen erneut. Anlass war das nun 60-jährige Diplomjubiläum mit der feierlichen Übergabe der Diamantenen Diplome.

Diese große Feier wurde von langer Hand akribisch durch die Organisatoren Dr. Jürgen Lübke, Alfred Tobies, Dr. Andreas Trillhose sowie dem Altrektor und Ehrensenator der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Ernst Schlegel, geplant und in Szene gesetzt. Unterstützt wurde die Gruppe durch die Alumnibeauftragte der TU Bergakademie, Dr. Constance Bornkampf.

Pünktlich 9:30 Uhr öffneten sich die Tore des Ball- und Konzerthauses und die Absolventen und Absolventinnen sowie deren Partner wurden feierlich mit einem Glas Sekt empfangen. Von allen 20 Fachrichtungen waren Ehemalige anwesend. Einige Gruppen führten noch erhalten gebliebene Fahnen ihrer Fachschaften mit. Zwei der Fahnen wurden am Ende der Veranstaltung der Kustodie der Bergakademie übergeben.

Auf dem Programm stand neben den Grußworten auch der Festvortrag zum aktuellen Geschehen an der TU Bergakademie Freiberg, gehalten durch Frau Professorin Swanild Bernstein, Prorektorin für Bildung - in Vertretung des Rektors, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbkecht. Über den interessanten Vortrag erfuhren die Anwesenden, wie das Studium heute aufgebaut ist und wie sehr sich auch der Campus mit den Jahren verändert hat. Ein Highlight waren die Fotos der ehemaligen Professoren und Dozenten, die die Jubilare in ihrem

Studium begleitet hatten. Bernstein übergab dann auch die Urkunden zum Diamantenen Diplom an die 20 Fachschaftsvertreter. Auch die 76 nicht anwesenden Kommilitonen und Kommilitoninnen erhalten diese Urkunden (auf dem Postweg).

Leider konnte der Umzug durch die Freiberger Innenstadt, wie 2012 noch zelebriert, nicht stattfinden. Ersatzweise begaben sich einige der Teilnehmer mit der Silberstadtbahn auf Rundfahrt durch die historische Altstadt Freibergs.

Der Umzug der Alumni zum Studienabschluss 1962 sorgte in der damaligen DDR nämlich für großes Aufsehen. Eigentlich harmlos, wurde er zum Politikum und hätte beinahe zur Exmatrikulation der Studierenden geführt. „Wir waren weder Provokateure noch Widerstandskämpfer gegen die Wehrpflicht in der DDR“, stellte Professor Schlegel in seinem Vortrag vor der Festgemeinde nochmals klar. Heute können sie alle über den Vorfall lächeln.

„Dass eine Wiedersehensfeier mit 110 von ursprünglich 361 Kommilitonen noch nach 60 Jahren möglich ist, macht mich stolz.“ bekennt Dr. Lübke in seiner Rede - und auch wir als TU Berg-

akademie Freiberg sind stolz, dass nach 60 Jahren noch so viele Alumni den Weg nach Freiberg an ihre Alma Mater gefunden haben. Glück auf!

Dank gilt an dieser Stelle auch dem Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V., der diese Veranstaltung finanziell großzügig unterstützte.

## Über das Freiberger Alumni Netzwerk FAN

Das Freiberger Alumni Netzwerk, kurz FAN, ist Ihr Draht zu Ihrer ehemaligen Universität. Auch nach dem Studium, der Forschungs- oder Lehrtätigkeit möchten wir mit Ihnen in Verbindung bleiben. Das FAN ist die zentrale Plattform für Alumni der TU Bergakademie Freiberg. Zu diesen zählt neben den ehemaligen Studierenden jeder, der an der TU BAF geforscht oder gelehrt hat bzw. anderweitig hier tätig war. Das betrifft ausländische Ehemalige ebenso wie deutsche. Hauptanliegen der Alumni-Arbeit an der TU Bergakademie Freiberg ist es, Aktivitäten zu initiieren, zu steuern und zu unterstützen, die eine nachhaltige Bindung der Alumni an die Universität zum Ziel haben.



Foto: TU Bergakademie Freiberg

# Universität



Impressionen von der  
Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft  
am 18. Juni 2022

# TU BAF beantragt mehr als 1 Mrd. EUR für neues Weltraumforschungsinstitut

Carsten Drebendstedt, Jens Grigoleit



In der letzten Ausgabe der ACAMONTA haben wir bereits zu den Hintergründen und Zielen des Vorhabens ERIS informiert. Im Rahmen eines Aufrufs für Vorschläge zur Einrichtung von zwei neuen Großforschungseinrichtungen in den sächsischen Kohleregionen war eine federführend von der Professur Bergbau - Tagebau eingereichte Skizze für die finale Wettbewerbsrunde ausgewählt worden, konnte sich jedoch leider nicht durchsetzen.

Seit Herbst 2021 bis zum Abgabetermin am 2. Mai 2022 wurde gemeinsam mit renommierten Partnerinstitutio-nen aus den Bereichen der Weltraumforschung sowie der Ressourcen- und Produktionsforschung ein umfassendes Konzept für die geplante neue For-schungseinrichtung erarbeitet, das bis heute fortlaufend weiterentwickelt und ausdifferenziert wird.

Grundlegende Idee des Vorhabens ERIS ist die Betrachtung der Aufga-benstellung der Errichtung und des autarken Betriebs von Raumstationen auf anderen Himmelskörpern (z. B. Mond oder Mars), primär mit Hilfe der lokal verfügbaren Materialien und Energiequellen. Aus den hierfür zu ent-wickelnden innovativen Technologien sollten sich wertvolle Erkenntnisse ge-winnen lassen, die uns helfen, auch die Versorgung von Menschen auf der Erde nachhaltiger zu gestalten. Schließlich spiegeln die mit der Aufgabe im Welt-raum verbundenen Herausforderungen in extremer Form die Anforderungen

wieder, denen wir uns auch auf der Erde zu stellen haben: begrenzte Ver-fügbarkeit von Rohstoffen, Etablierung geschlossener Stoff- und Versorgungs-kreisläufe, stabile Energieversorgung bei primärer Nutzung erneuerbarer Energieträger, Leben und Produzieren unter teils extremen Umweltbedingun-gen und entkoppelt von globalen Lie-ferketten, hochgradige Digitalisierung und Einsatz künstlich-intelligenten autonomer Systeme. Die besonderen und extremen Umstände auf anderen Himmelskörpern verlangen dabei nach unkonventionellen Lösungen, die weit über den Stand der heutigen Technik hinausgehen, sogenannte Sprunginno-vationen. Daraus ergibt sich ein enor-mes Erkenntnis- und Innovationspoten-tial mit exzellenten Transferchancen auf Anwendungen für die Erde.

Die in ERIS gewonnenen Erkennt-nisse und daraus abgeleitete Innovati-onen adressieren bestehende Bedarfe und Herausforderungen in gleich meh-reren Wachstumsmärkten, insb. Raum-fahrt, Green- bzw. Clean-Tech, Robotik und KI. Mit der gleichzeitig sehr guten Passfahigkeit zu bestehenden regionalen Kompetenzen ergeben sich ideale Voraussetzungen dafür, erfolgreiche Beiträge zum Strukturwandel nach dem Kohleausstieg zu leisten.

Während der Konzeptionsphase haben sich das Konsortium sowie der Kreis der Unterstützer erheblich vergrößert. Neben den bereits in der Skizzenphase beteiligten zehn Univer-

sitäten konnten mehr als 60 weitere Partner für das Vorhaben gewonnen werden. Diese stammen sowohl aus der Wissenschaft (Raumfahrtforschung sowie Ressourcen- und Produktionsforschung) als auch aus der Wirtschaft (u. a. AIRBUS, OHB, Siemens, BASF) sowie der Standortregion (u. a. Landkreis Görlitz, Hochschule Zittau/Görlitz, mehrere Kommunen). Ebenso konnte inzwischen ein umfangreiches internationales Netzwerk mit Partnern in fast allen mit der ESA assoziierten Staaten sowie Kanada, USA, Chile und Bahrain aufgebaut werden. Hervorzuheben sind hierbei Kontakte zu mehreren Abtei-lungen und Zentren der NASA, deren aktuelles Mondprogramm Artemis ide-al zur Ausrichtung von ERIS passt.

In Vorbereitung und während der Konzeptphase fanden zwischen Sep-tember 2021 und April 2022 monatliche größere Meetings mit allen antragsbe-teiligten Partnern statt. Eine Erschwer-nis bildeten dabei die aufgrund von Corona geltenden Beschränkungen für Reisen und Präsenzmeetings. Ein größerer Teil der Besprechungen musste deshalb online stattfinden. In Präsenz fanden Projekttreffen in Freiberg, Braunschweig, Bremen und Görlitz statt.

Nachdem zunächst in mehreren Diskussionsrunden der inhaltliche Rahmen geklärt und eine inhaltliche Struktur erarbeitet wurden, verlagerte sich die inhaltliche Arbeit von Dezem-ber bis Februar auf insgesamt fast 20 Arbeitsgruppen zu einzelnen Themen-feldern. In Summe waren zeitweise mehr als 100 Wissenschaftler an der Konzeptarbeit beteiligt. Eine besondere Herausforderung war hierbei, dass ne-ben der Erarbeitung der wissenschaft-lichen Inhalte auch Konzepte für die Organisa-tion und das Management der zu etablierenden neuen Forschungsein-richtung erarbeitet werden mussten, sowie ein Plan zur Implementierung und Umsetzung innerhalb der Zielre-gion Lausitz. Schließlich umfasste das Konzept auch eine Architektur- und In-frastrukturplanung sowie Planungen zur Standortentwicklung.

Das mit allen Anhängen mehr als

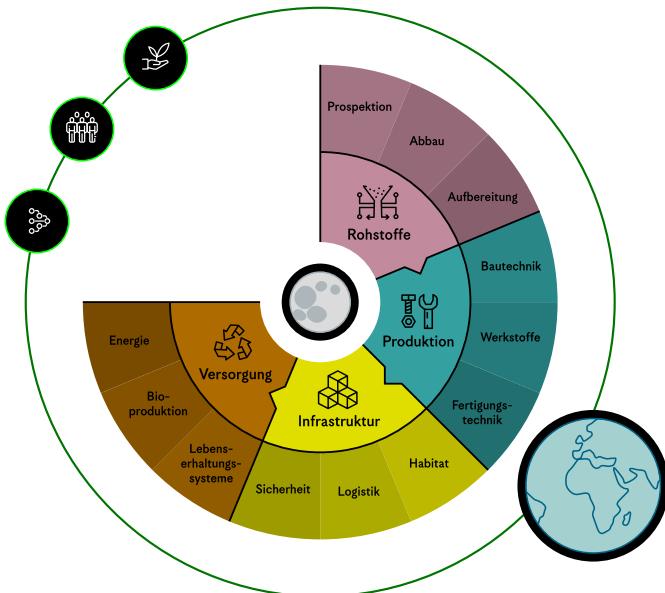


Abb. 1: Fachliche Struktur von ERIS

500 Seiten starke Gesamtkonzept wurde fristgerecht am 2. Mai 2022 eingereicht.

Das wissenschaftliche Profil von ERIS umfasst die Schwerpunkte ISRU (in situ resource utilisation, d.h. Nutzung und Produktion mit lokal gewinnbaren Ressourcen), Habitattechnologien (Auslegung und Betrieb der Station und zugehöriger Versorgungsinfrastruktur) sowie Robotik. Abbildung 1 zeigt die vorgesehene Fachbereichsstruktur mit den Bereichen Rohstofftechnologien, Produktionstechnologien, Habitattechnologien und Versorgungssystemen sowie den Querschnittskompetenzen Nachhaltigkeit, Robotik und KI sowie Mensch & Gesellschaft. Eine Besonderheit von ERIS ist dabei der integrierte und systemische Forschungsansatz, der technologische Ansätze aus verschiedenen bislang separat agierenden Fachgebieten zusammenführt.

Eine weitere Besonderheit, die auch maßgeblich für die Attraktivität von ERIS für Spitzenforscher und Kooperationspartner ist, ist die vorgesehene einzigartige Forschungsinfrastruktur. Kernelemente sind eine 10.000 m<sup>3</sup> umfassende Thermal-Vakuumkammer, in der sich die Umweltbedingungen auf anderen Himmelskörpern simulieren lassen, großzügige Versuchsumgebungen und Testgelände für robotische Systeme sowie ein modular aufgebauter Habitatsimulator, der die Erprobung von Versorgungs- und Produktionsystemen im geschlossenen Kreislauf ermöglicht und der in entsprechenden Simulationen eine autarke Versorgung

von bis zu sechs Personen ermöglichen soll.

Die beschriebene Ausstattung kommt auch bestehenden Bedarfen der europäischen Raumfahrtwirtschaft entgegen, die gegenwärtig nur eingeschränkten Zugang zu erforderlichen Testumgebungen hat. Es besteht deshalb großes Interesse an Kooperationen und einer Mitnutzung

stimmung mit den zuständigen Regierungsbehörden.

Die zu erwartenden Beiträge zum Strukturwandel der Kohleregionen ergeben sich einerseits aus der sehr guten Anschlussfähigkeit und andererseits aus der sehr hohen Attraktivität der gewählten Thematik. Der Aufbau nachhaltiger, weitgehend autarker und hochautomatisierter Produktions- und Versorgungssysteme greift viele in den Kohleregionen traditionell verankerten Kompetenzen auf, bspw. in den Bereichen Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Materiallogistik, Energietechnik, Umwelttechnik, Maschinen-, Fahrzeug- und Anlagenbau sowie Prozessautomatisierung. Mit der Weltraumforschung und daraus abgeleiteten Innovationen werden bestehende Unternehmen dabei unterstützt, sich zukunftsorientiert auszurichten. Gleichzeitig ziehen Weltraumtechnologien Investoren und Fachkräfte an, die für den Strukturwandel dringend erforderlich sind. Die Verankerung der Weltraumforschung und -wirtschaft in der Region wird deren Image als Hochtechnologieregion stärken und der Bevölkerung eine Perspektive vermitteln.

Die Planung der Aufbauphase erfolgte unter der Prämisse einer möglichst raschen Wirksamkeit, um den bereits laufenden Strukturwandel aktiv begleiten zu können. Dabei wird einerseits intensiv auf Kooperationen mit in der Region bereits etablierten Partnern

der Infrastruktur in ERIS. Damit verbunden sind auch Ansiedlungen von Zweigbetrieben der großen Raumfahrtausstatter zu erwarten.

Das geplante Forschungszentrum soll Ausgangspunkt der Entwicklung eines Campus werden, der neben Forschungseinrichtungen auch Industrie- und Gewerbegebiete sowie Wohn-, Service- und Freizeiteinrichtungen umfasst. Hierfür wurden im Rahmen der Konzeptphase mehrere mögliche Standorte identifiziert, wobei für die Bewertung maßgeblich war, dass neben einem attraktiven Umfeld möglichst alle Voraussetzungen für einen baldigen Bau start gegeben sind (bestehende Einordnung in Raumordnungs- und Flächennutzungspläne, vorhandene Medienanschlüsse etc.). Hierfür kommen insbesondere Brachflächen ehemaliger Betriebe des Bergbaus und der Energiewirtschaft in Frage. Eine finale Standortentscheidung fällt in Ab-

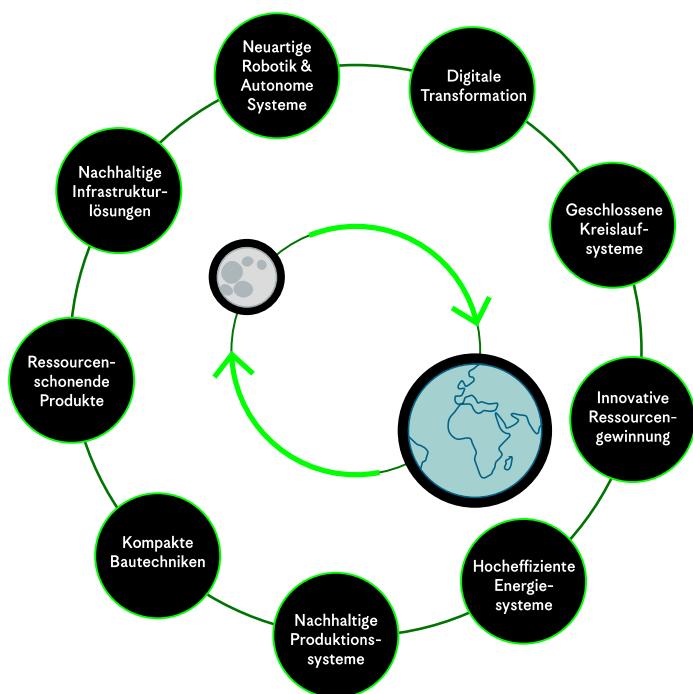


Abb. 2: Innovations- und Transferpotentiale

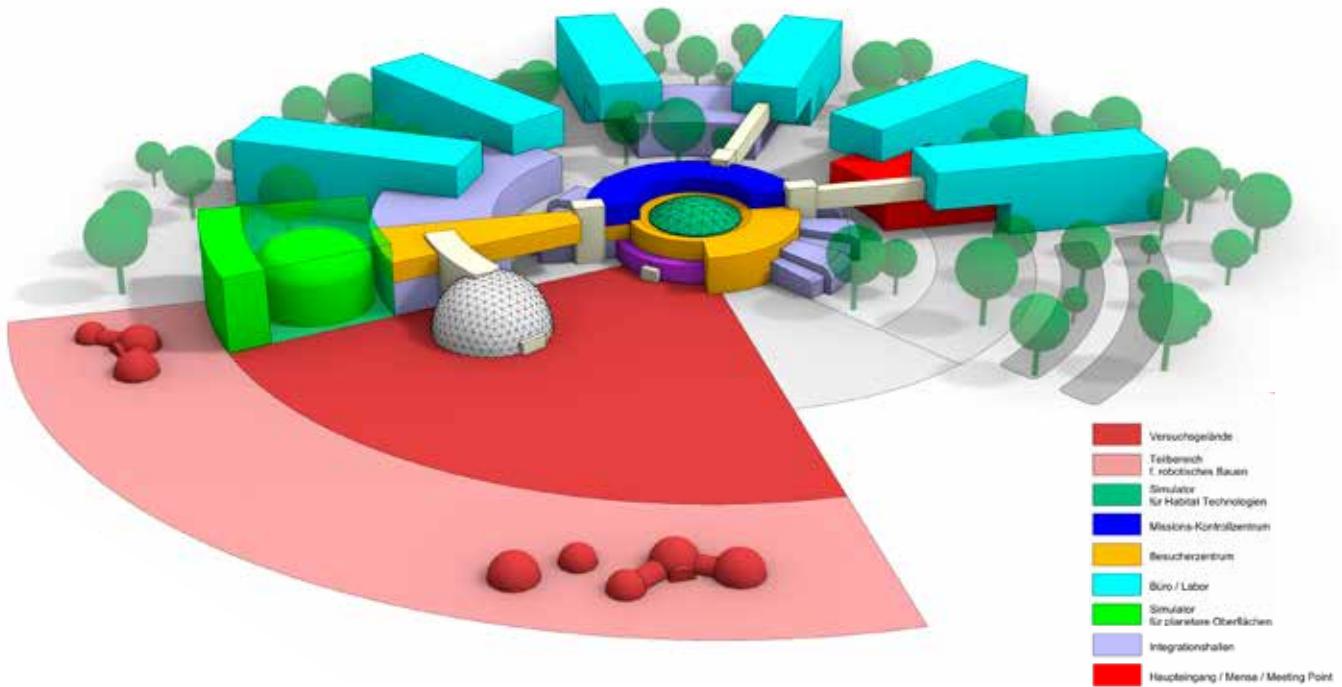


Abb. 3: Aufbau des geplanten Forschungszentrums

gesetzt sowie andererseits auf die Potentiale des beteiligten überregionalen Netzwerks. Strukturell wird ERIS in der Startphase vor allem durch die TU Bergakademie Freiberg und die Hochschule Zittau/Görlitz sowie durch Forschungseinrichtungen, Kommunen und Unternehmen der Region unterstützt, bspw. durch die Bereitstellung von Räumen, Infrastruktur und die Übernahme von Aufgaben im Bereich der operativen Verwaltung. Wissenschaftlich kann durch die direkte Anbindung an bestehende Aktivitäten und Arbeitsgruppen der Partnereinrichtungen ein unmittelbarer Start erfolgen. Ein Programm für die dreijährige Aufbauphase wurde mit dem Konzept bereits vorgelegt. Über das Konsortium konnten bereits Teamleiter für die einzelnen Fachgruppen gewonnen werden, die teilweise mit bestehenden Arbeitsgruppen zu ERIS wechseln könnten. Über gemeinsame Berufungen mit den Partneruniversitäten sowie eine gemeinsame strategische Forschungsplanung soll auch langfristig eine enge und komplementäre Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Partnern gewährleistet werden.

Nach der am 02.05.2022 erfolgten Konzepteinreichung erfolgte unabhängige Begutachtung in zwei Kommissionen. Zur Bewertung des wissenschaftlichen Ansatzes und der Exzellenz wurde für jede der sechs im Wettbewerb stehenden Initiativen eine eigene international besetzte Expertengrup-

pe zusammengestellt. Das ERIS-Team durfte vor dieser Gruppe am 19.07.2022 präsentieren und Fragen der Gutachter beantworten. Die Beurteilung der regionalen Wirksamkeit erfolgte durch eine Kommission für Transfer und Strukturwirkung. Hier durften die Vertreter von ERIS am 29.08.2022 präsentieren.

Um für die Initiative zu werben und weitere Unterstützer für die Idee von ERIS zu gewinnen, wurden vielfältige Maßnahmen der Netzwerk- und Öffentlichkeitsarbeit unternommen. So hat sich ERIS an Fachtagungen und Messen, wie der Space Tech Expo Europe, der NewSpace Europe Conference, der Space Resources Week sowie der Internationalen Luft- und Raumfahrttausstellung beteiligt, ebenso wie an zahlreichen kleineren und regionalen Veranstaltungen. Mit zwei eigenen öffentlichen Veranstaltungen im März und im September 2022 wurde ERIS in der sächsischen Oberlausitz vorgestellt, zuletzt mit prominenter Unterstützung durch den Astronauten Dr. Thomas Reiter, der das Team auch als Mitglied im Projektbeirat berät. Informiert wird darüber hinaus durch regelmäßige Pressemitteilungen, sowohl seitens der Projektleitung als auch seitens der beteiligten Partner, sowie durch einen Newsletter und die Website <https://space-resources.eu/>

Unabhängig vom Ergebnis der Auswahlentscheidung für eine Förderung von ERIS hat die Konzeptphase das

umfangreiche Potential der Thematik der Weltraumressourcen auch für Forschung und Lehre an der TU Bergakademie Freiberg aufgezeigt. Aus dem Austausch mit den beteiligten Partnern sind schon jetzt eine Menge konkreter Forschungsideen und Projektansätze entstanden, die parallel weiterverfolgt werden. Der interdisziplinäre Austausch zwischen Experten der Raumfahrtforschung und solchen der Ressourcen- und Produktionsforschung ist für alle beteiligten sehr anregend und fruchtbar. Aus diesem Grund wurde schon jetzt mit der Gründung des ERIS e.V. ein Zeichen dafür gesetzt, dass der Austausch und die Zusammenarbeit auf fachlicher Ebene fortgesetzt werden sollen. Aus inhaltlichem Interesse ist im Verlauf der gut einjährigen intensiven Zusammenarbeit Partnerschaften gewachsen und es sind Freundschaften entstanden.

Das Auswahlgremium des BMBF hat unter Beteiligung der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt am 29.09.2022 die Entscheidung verkündet. Zu unserer Enttäuschung ist ERIS nicht zur weiteren Förderung ausgewählt worden. Nun geht es darum, die wertvollen Inhalte und Partnerschaften über andere Programme weiter zu entwickeln und umzusetzen. An der TU BAF ist zum Erhalt und zum Ausbau der Kompetenz die Bildung eines Zentrums für Luft- und Raumfahrt sowie die Einrichtung eines Studienganges geplant.

# Meilenstein in der Gründungsunterstützung

## 10. EXIST-Forschungstransfer an TU Bergakademie Freiberg gestartet

Andre Uhlmann

Mit dem Ausgründungsprojekt PLASMOTION, das am Lehrstuhl für Additive Fertigung von Prof. Henning Zeidler angesiedelt ist, startete im Oktober 2021 der nunmehr 10. EXIST-Forschungstransfer an der TU Bergakademie Freiberg. In diesem Projekt wollen vier Wissenschaftler um den Projektleiter Vincent Stepputat optimierte Polierergebnisse an präzisen oder komplexen Metallbauteilen durch selektives Plasmapolieren mit einem robotergeführten Elektrolytstrahl erzielen und das in einem Bruchteil der bislang regulären Zeit. Innerhalb der Laufzeit des EXIST-Forschungstransfers wird in enger Zusammenarbeit mit interessierten Pilotkunden eine Prototypanlage im Industriemaßstab aufgebaut und PLASMOTION zur marktreifen Poliertechnologie entwickelt.

Mit dem EXIST-Forschungstransfer unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die Umsetzung von anwendungsorientierten Forschungsergebnissen in innovativen Startups. Dabei handelt es sich um herausragende forschungsbasierte Gründungsvorhaben, die mit aufwändigen und risikoreichen Entwicklungsarbeiten verbunden sind. Finanziert werden Personalmittel für das bis zu vierköpfige Gründerteam sowie Sachmittel bis zu 250.000 € über einen Zeitraum von 18 bis 24 Monaten. Antragsteller ist die Hochschule. Erst nach der Gründung des Startups wird die Übertragung der angeschafften Gegenstände und Patente geregelt und der Grundstein für eine langfristige Kooperation gelegt.

### TU Bergakademie Freiberg belegt Platz 4 bei EXIST-Forschungstransfers bundesweit

Anfang 2022 erschien eine neue Veröffentlichung des BMWK, die die Entwicklung der EXIST-Projekte darstellt und die beteiligten Hochschulen bundesweit miteinander vergleicht. Dabei schafft die TU Bergakademie Freiberg besonders gut ab. Die Universität hat es geschafft, auf Platz 4 bei der

Anzahl der 2020 und 2021 bewilligten EXIST-Forschungstransfers bundesweit zu kommen (vgl. Abb. S. 109). Vor der TU Freiberg liegen nur die großen Universitäten TU Dresden, TU München und der Verbund der Fraunhofer-Gesellschaft. Das ist ein großer Erfolg für die Bergakademie und des Gründernetzwerks SAXEED, der die hohe Qualität der hier praktizierten Gründungsunterstützung unterstreicht.

EXIST-Forschungstransfers bringen Forscherinnen und Forscher unterschiedlichster Fachrichtungen zusammen. Aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands kommt das Team von **NaPaGen**, eine Ausgründung aus dem Institut für Elektronik- und Sensormaterialien. Alle Teammitglieder sind für ihre wissenschaftliche Arbeit nach Freiberg gekommen, manche schon als Studierende. Der EXIST-Forschungstransfer hat sie zusammengebracht. NaPaGen steht für Innovation im Bereich der Herstellung von Edelmetallnanopartikeln, die die materielle Basis für leitfähige Inkjet-Tinten im Bereich der gedruckten Elektronik darstellen.

„den Fels fühlen“ und das Ergebnis in Echtzeit sichtbar machen.

Dass Frauen in Freiberger Startups zunehmend Führungspositionen einnehmen und Verantwortung suchen, zeigt sich in der Etablierung des Projekts FOUNDress, das SAXEED gemeinsam mit der Professur für Entrepreneurship und betriebswirtschaftliche Steuerlehre von Prof. Karina Sopp durchführt. Das Ziel ist es, Frauen für Gründungen zu sensibilisieren. Im Programmjahr 2021/22 erhalten rund 30 Gründerinnen und Gründungsinteressierte kostenlose Coachings, Diskussionsrunden und Workshops, die speziell auf ihre Bedürfnisse abgestimmt sind.

Auch die Verwaltung der TU Bergakademie Freiberg hat sich im Zuge der zehn EXIST-Forschungstransfers weiter professionalisiert. Wurden bei den ersten Projekten oftmals Einzelfallentscheidungen getroffen, kann nun in vielen ausgründungsrelevanten Bereichen der Verwaltung auf bekannte Prozesse zurückgegriffen werden, beispielsweise bei der Übertragung von Infrastruktur und Patenten auf die



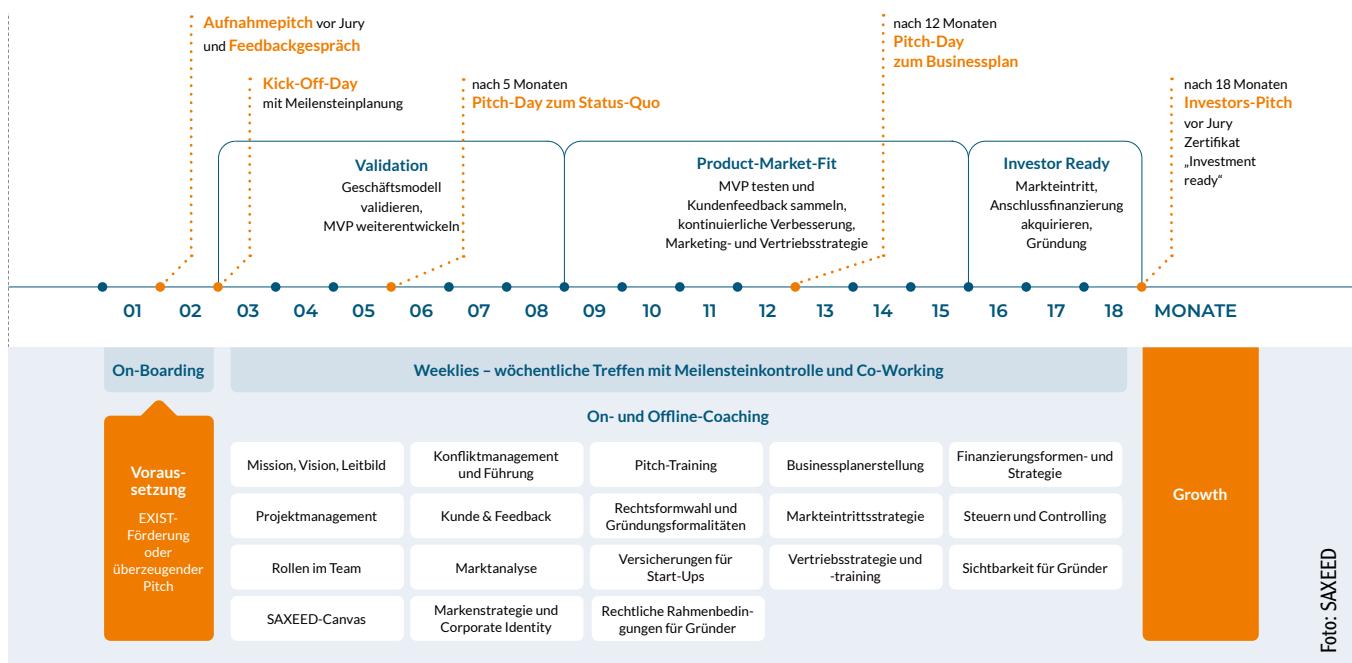
Das Team der Rockfeel GmbH vor ihrem Prototypen

len. Ebenso entstehen internationale Teams, wie **Rockfeel**, eine Ausgründung aus der Professur für Bergbau- Tagebau, die robuste, lernfähige Sensorsysteme für schneidende Gewinnungs- und Vortriebsmaschinen im Berg- und Tunnelbau entwickeln, die

### Kontakt

Andre Uhlmann  
TU Bergakademie Freiberg  
Gründernetzwerk SAXEED  
Halsbrücker Straße 34  
09599 Freiberg  
Mail: andre.uhlmann@saxeed.net  
Tel.: 03731/393887

Foto: SAXEED



Ablauf einer SAXEED-Masterclass

diversen Ausgründungen der TU Bergakademie Freiberg. Ein besonderer Dank geht dabei insbesondere an die Teams um Frau Illig und Frau Schrenk vom D4, an die Zentrale Beschaffung, an die Herren Leutholf und Vollerthum vom D2 und an Herrn Mittelstädt.

### Unterstützung durch die SAXEED-Masterclass

Das Gründernetzwerk SAXEED unterstützt die Projektteams mit EXIST-Förderung an der TU Bergakademie Freiberg mit der Aufnahme in die SAXEED-Masterclass. Der 18-monatige Frühphaseninkubator kombiniert einen strukturierten Coachingfahrplan, intensiven Austausch der Gründungsteams untereinander und regelmäßiges Feedback der Expertenjury

mit gemeinsamen Büroarbeitsplätzen in der SAXEED-Base, dem Coworking Space von SAXEED. Ziel ist es, die Qualität der Gründungen zu steigern. Dazu werden neben den SAXEED-Gründungsberatern auch regionale Partner, vor allem Kapitalgeber, Verbände und strategische Partner bzw. Pilotkunden aus der Region, frühzeitig als Mitglieder einer Expertenjury in den Entwicklungsprozess der Start-ups einbezogen und so der Grundstein für langfristige Partnerschaften gelegt. Der Fokus der SAXEED-Masterclass liegt auf der Validierung des Geschäftsmodells, der Produkt- und Teamentwicklung sowie der Akquise einer Folgefinanzierung. Alle sechs Monate startet eine neue SAXEED-Masterclass – die erste Klasse ab November 2020.

### Freiberger Start-ups überzeugen regionale Experten-Jury und Investoren

Der bereits dritte Pitch Day der SAXEED-Masterclass fand am 07.04.2022 in der Alten Mensa in Freiberg statt. Dabei stellten die sieben Start-ups der ersten und zweiten SAXEED-Masterclass ihre Idee und das dazugehörige Geschäftsmodell im Rahmen eines zehnminütigen Pitches vor und erhielten wertvolles Feedback. Zur Jury gehört u. a. Rico Barth, Absolvent der Bergakademie und seit über 15 Jahren Geschäftsführer der c.a.p.e. IT GmbH. Ihm liegt viel daran, jungen Unternehmerinnen und Unternehmern seine Erfahrungen weiterzugeben, damit sich Anfängerfehler nicht wiederholen. Neben Business Angels waren auch die Investoren Ivo Harzdorf von der SC Kapital und Martin Liebsch von der Mittelständischen Beteiligungsgesellschaft Sachsen vertreten, um einen Einblick in die Arbeit der Start-ups zu erhalten. Sie zeigten sich beeindruckt von der TU Freiberg, die trotz ihrer relativ geringen Größe eine erhebliche Zahl von Tech Start-ups hervorbringt. Zum Pitch-Day erhielten die Teams der ersten SAXEED-Masterclass zum Abschluss das Zertifikat „Investment-Ready“. Besonders erfolgreich in der ersten SAXEED-Masterclass ist die **Additive Drives** GmbH, eine Ausgründung aus dem Lehrstuhl für Additive Fertigung von Prof. Henning Zeidler. Mit der additiven Fertigung von Kupferspulen



Foto: SAXEED

Das Start-up-Team Plasmotion im Gespräch mit Martin Liebsch von der Mittelständischen Beteiligungsgesellschaft Sachsen zum Pitch Day der SAXEED-Masterclass

„denkt“ das Team von Additive Drives den Elektromotor neu. Im Fokus stehen Kupferwicklungen, Hauptbestandteil eines jeden Elektromotors. Der passgenaue 3D-Druck bringt Elektromaschinen in ungeahnte Leistungs- und Wirkungsgradbereiche. Mit diesem Geschäftsmodell konnte das Start-up 2021 den Sächsischen Gründerpreis gewinnen und ist 2022 unter den TOP 3 für den Deutschen Gründerpreis.

Aber auch die Teams der zweiten Klasse der SAXEED-Masterclass haben ein großes Potenzial. Dazu gehören neben Plasmotion die Teams von ReViSalt und MiVia. **ReViSalt** steht für eine nachhaltige Prozessoptimierung bei der Herstellung „superfester“ Gläser. Das Angebot umfasst Analysen und fachkompetente Beratung zu Salzbädern. Außerdem werden Regenerations- und Reinigungsmaterialien entwickelt, produziert und vertrieben. **MiVia** ermöglicht es metallverarbeitenden Unternehmen, die Qualität ihrer Produkte effizient zu prüfen, ihre Produktivität zu steigern sowie neue Standards zu setzen. Von der Klassifizierung der Korngröße bis zur Segmentierung des Gefüges – die dafür entwickelte KI-Engine bietet eine professionelle Mikrostrukturanalyse binnen Sekunden.

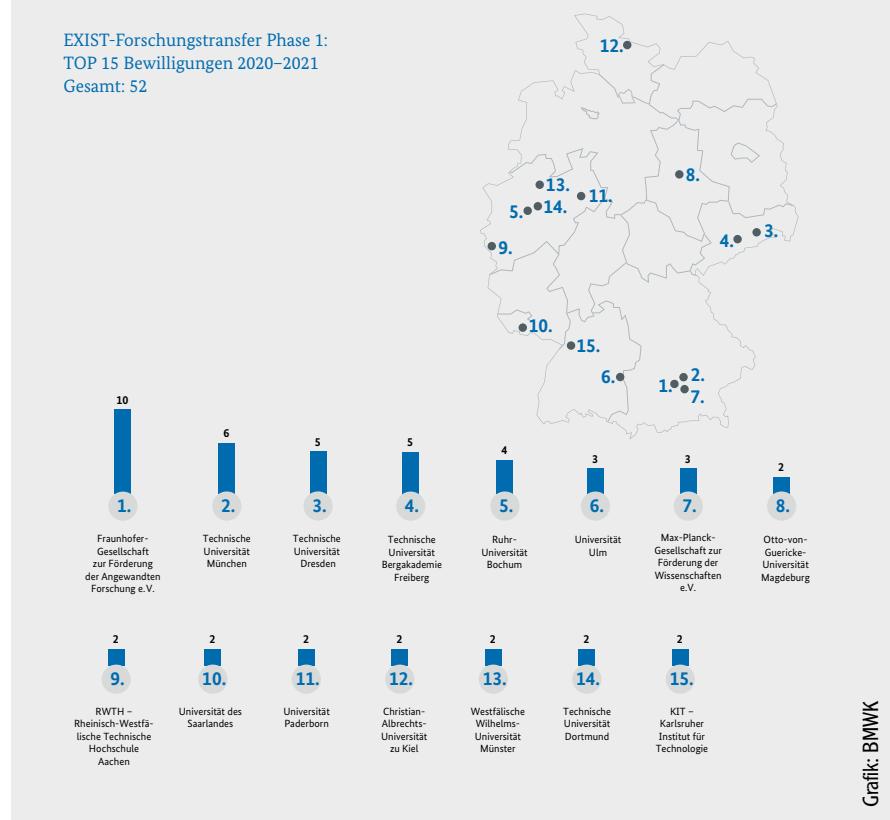
### Überblick zu den zehn EXIST-Forschungstransfer-Projekten an der TU Bergakademie Freiberg

- TecGla (Professur für Glas- und Emailtechnik, Projektstart: 01.04.2009)
- RefraGlass (Professur für Glas- und Emailtechnik, Projektstart: 01.10.2012, Ausgründung: Ancorro GmbH)
- Parforce (Institut für Technische Chemie, Projektstart: 01.03.2016, Ausgründung: PARFORCE Engineering & Consulting GmbH)
- EVA (Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und
- Naturstoffverfahrenstechnik, Projektstart: 01.04.2018, Ausgründung: ATNA Industrial Solutions GmbH)
- RMF (Institut für Technische Chemie, Projektstart: 01.10.2018, Ausgründung: RMF Tech GmbH)
- Additive Drives (Professur für Additive Fertigung, Projektstart: 01.03.2020, Ausgründung: Additive Drives GmbH)
- Rockfeel (Professur für Bergbau - Tagebau, Projektstart: 01.10.2020, Ausgründung: Rockfeel GmbH)
- NaPaGen (Institut für Elektronik- und Sensormaterialien, Projektstart: 01.10.2020, Ausgründung: NaPaGen GmbH)
- MiVia (Institut für Metallformung, Projektstart: 01.10.2021)



Das Team des Gründernetzwerks SAXEED an der TU Bergakademie Freiberg

EXIST-Forschungstransfer Phase 1:  
TOP 15 Bewilligungen 2020–2021  
Gesamt: 52



Übersicht über die EXIST-Forschungstransfer-Projekte 2020–2021

- PLASMOTION (Professur für Additive Fertigung, Projektstart: 01.10.2021)

### Über das Gründernetzwerk SAXEED an der TU Bergakademie Freiberg

Als zentrale Einrichtung am Prorektorat Forschung und Transfer ist SAXEED wesentlicher Akteur der Gründungsunterstützung an der TU Bergakademie Freiberg. SAXEED sensibilisiert und motiviert Studierende, Hochschulabsolventen und Hochschulmitarbeiter für die Idee der eigenen Unternehmensgründung. Durch das breite Angebot an Netzwerk- bzw. Lehrveranstaltungen werden Gründer qualifiziert und von erfahrenen Gründungsberatern von der Bewertung der Geschäftsidee über die Entwicklung des Geschäftsmodells bis zur eigentlichen Gründung des Startups begleitet. Als Verbundprojekt gibt es SAXEED außer an der TU Bergakademie Freiberg auch an der TU Chemnitz und an den beiden Fachhochschulen in Mittweida und Zwickau. Die Aktivitäten des Gründernetzwerks SAXEED werden mit Mitteln des Freistaates Sachsen, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), des Europäischen Sozialfonds (ESF) und der beteiligten Hochschulen gefördert.

# MiViA – AI powered material analysis

Jessica Schneider



Das EXIST-geförderte Ausgründungsvorhaben MiViA beschäftigt sich mit der Entwicklung einer autonom arbeitenden Software zur Gefügeanalyse mittels künstlicher Intelligenz (KI). Diese wird die Materialcharakterisierung vor allem in der Stahl- und metallverarbeitenden Industrie erleichtern und perfektionieren.



Datenbankerstellung mit Lichtmikroskopaufnahmen von gezielt eingestellten Gefügen.

MiViA ist die Abkürzung für „Micro Vision Analysis“ und steht für eine neuartige Analyse von Werkstoffen. Nach dem Hochladen eines einfachen Lichtmikroskopbildes ermöglicht die Webapplikation das Auswerten bspw. von Phasenanteilen im Stahl innerhalb weniger Sekunden.

Die Idee stammt von Herrn Dr. Grzegorz Korpala. Dieser stand vor einigen Jahren als Gruppenleiter am Institut für Metallformung (IMF) vor der Herausforderung, das gewonnene Wissen über Mikrostrukturen aus den verschiedensten Projekten zu bündeln und zu sichern. Dazu zählen beispielsweise bestimmte Auswertungsmethoden, die nur mit langjähriger Erfahrung von Experten ausgeführt werden können. Die Idee war nun, das enorme Potential der künstlichen Intelligenz zu nutzen. Nach einer Veröffentlichung 2013 zum Thema Bilderkennung der Firma NVIDIA wurde der Startschuss für erste Entwicklungsschritte der KI auf der Grundlage der bereits bestehenden Datenbank gegeben. Seitdem wächst auch die Datenbank an Bildsätzen immer weiter an. Im Jahr 2020 war die Idee soweit ausgereift, dass diese das Potenzial für die Gründung eines Unternehmens hat-

te. Dr. Korpala begann Ende 2020 das Team für die Ausgründung zusammenzustellen, um den Antrag für EXIST zu schreiben und die Idee Wirklichkeit werden zu lassen. Hierfür bedurfte es eines schriftlichen Antrags und einer Präsentation der Idee sowie der Umsetzung in Form eines 10-minütigen Pitches. Im Mai 2021 konnte sich das Team über die Zusage des EXIST-Forschungstransfers freuen, und das Ausgründungsvorhaben startete offiziell im Oktober 2021. Bis Ende März 2023 hat das Team nun Zeit, das Start-Up erfolgreich aufzubauen.

Die Software richtet sich derzeitig insbesondere an Stahlkonzerne und an die metallverarbeitende Industrie. Die Aufgabe der Mikrostrukturanalyse ist es, verlässliche Informationen über den Zustand des Materials zu liefern, um bei der Weiterverarbeitung zusätzliche Kosten durch Ausschuss oder die Erstellung minderwertiger Endprodukte zu vermeiden. Zur Qualitätskontrolle wird daher das Gefüge an unterschiedlichsten Stellen der Produktionskette untersucht. Für diese Untersuchungen werden Metallografen benötigt, welche die notwendige Expertise besitzen, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

Derzeit ist der Prozess noch kostenintensiv, zeitaufwendig und stark mit menschlichen Fehlern behaftet. Darüber hinaus stehen Experten aufgrund des Fachkräftemangels immer weniger zur Verfügung. Die Geschäftsidee von MiViA basiert daher auf der **Vermarktung eines selbstlernenden autonomen Mikrostrukturanalysesystems**, welches auch von Laboranten bedient werden kann, beziehungsweise für Experten eine drastische Reduzierung der Bearbeitungszeit verspricht. Gleichsam werden reproduzierbare und prüf stabile Analyseergebnisse erzielt und das System kann als Standardanalyse auch unternehmensübergreifend eingesetzt werden.

Die Web-App wird zukünftig aufgrund der Reproduzierbarkeit und Prüfstabilität auch in Industrie 4.0-Konzepte der Kunden anwendbar sein und somit bei der digitalen Steuerung und Überwachung der Produktion eingesetzt werden, was weitere Kosten- und Qualitätsvorteile gegenüber der manuellen Gefügeanalyse bringt.

Verschiedene namenhafte Stahlkonzerne und Automobilhersteller stehen bereits im engen Kontakt mit MiViA und testen als Pilotkunden die Software. Außerdem gibt es Interessensbekundungen von weiteren Konzernen, KMUs und Forschungsreinrichtungen. Denn überall da, wo die Analyse der Mikrostruktur eines Werkstoffs notwendig ist, kann das System von MiViA verwendet werden.

Die Vision von MiViA ist, das System in den kommenden Jahren aufgrund der enormen Erleichterung und Verbesserung der Mikrostrukturanalyse zum führenden Anbieter in diesem Bereich zu entwickeln. Zukünftig wird die Software auch für andere Werkstoffe zur Verfügung stehen, da die Datenbank mit Mikroskopbildern anderer Materialien problemlos erweiterbar ist. Der Markteintritt ist für März 2023 geplant. Zunächst soll der europäische Markt bedient werden, wobei in absehbarer Zeit die Analysesoftware auch auf dem internationalen Markt angeboten wird.



MiViA Gründeteam v.l.n.r. Rahman Bajmalu Rostami, Miriam Corcoran, Dr. Grzegorz Korpala, Jessica Schneider.

Das Team besteht aus Miriam Corcoran (CEO) sowie Dr. Grzegorz Korpala (CTO), welche beide die Geschäftsführung übernehmen. Frau Corcoran wird als BWLerin alle finanziellen sowie kaufmännischen Aufgaben betreuen und Herr Dr. Korpala wird die Weiterentwicklung des von ihm entwickelten KI-Systems leiten. Außerdem gehören Jessica Schneider, die den Vertrieb und die Öffentlichkeitsarbeit leitet, und Rahman Bajmalu Rostami, der die Erstellung der Mikrostrukturmuster für die Datenbank verantwortet, sowie der wissenschaftliche Mentor Herr Prof. Dr.-Ing. Ulrich Prahl als Leiter des Instituts für Metallformung zum Gründeteam.

## Kontakt

MiViA GmbH  
Jessica Schneider, Vertriebsleitung  
Tel.: 03731392945  
jessica.schneider@imf.tu-freiberg.de

# Start-up ReViSalt entwickelt ökologisch günstige Salzbadregeneration zur Herstellung hochfester Gläser

Michael Heidan



Glastechnologen der TU Bergakademie Freiberg entwickelten ein neuartiges Revitalisierungsmaterial für Salzschmelzen, das eine gleichbleibend hohe Qualität von verfestigtem Glas ermöglicht. Die Ergebnisse ihrer Arbeit werden über das Ausgründungsprojekt „ReViSalt“ industrialisiert. Das Team erhält Unterstützung vom Institut für Glas und Glastechnologie der Universität sowie durch ein einjähriges EXIST Gründerstipendium.

Chemisch verfestigte Gläser finden beispielsweise Anwendung bei der Verglasung von Fahrzeugen und Displays sowie für Flaschen und Gläser im Bereich der Pharma- und der Lebensmittelindustrie. Es sind dies hochfeste Glasprodukte, die besondere Standards in Bezug auf Bruchsicherheit und Hygiene erfüllen müssen.

Um Glas chemisch zu verfestigen, wird es in eine Kaliumnitritsalzschmelze getaucht, mit dieser besprührt oder berieselt. Daraufhin erfolgt ein Ionenaustausch, der eine Erhöhung der Glasfestigkeit bewirkt. „Die zum Härteln verwendete Salzschmelze verliert allerdings mit steigender Nutzungsdauer diese Fähigkeit und wird durch den Verfestigungsprozess verunreinigt“, erklärt Dr. Martin Groß, promovierter Glastechnologe und Gründer der ReViSalt GbR. Gemeinsam mit seinen Mitgründern Dr. Thomas Voland, Michael Heidan und Robert Wohlfarth sowie Partnern aus der Glasindustrie entwickelter Regenerations- und Reinigungsmaterialien – mit dem Ziel der nachhaltigen Prozessoptimierung bei der Herstellung „superfester“ Gläser.

„Durch den Austrag von Fremdionen ist es uns gelungen, die Salzschmelzen zu revitalisieren und ihre Nutzungsdauer mindestens zu verdoppeln“, erklärt Dr. Thomas Voland. Die Folge: „Weniger Salzbadwechsel und damit sinkende Kosten, insbesondere für die aufwändige Entsorgung der Salzschmelzen. Zudem sind die

neu entwickelten Revitalisierungsmaterialien – im Gegensatz zu den bisher verfügbaren – zu 100 % recycelbar und völlig ungiftig“, beschreibt Robert Wohlfarth die Vorteile des Regenerationsmaterials weiter. „In Verbindung mit einem neuartigen Verfahren zum schnellen Verfestigen von Glas, das ebenfalls von meinen Kollegen an der TU Freiberg entwickelt wurde und über unseren Partner industrialisiert wird, haben diese Vorteile noch ein wesentlich höheres Potenzial und können helfen, einen neuen Standard in der Glasindustrie zu etablieren“, erklärt Michael Heidan.

Mit dem Start des EXIST Gründerstipendiums ist das Ausgründungsprojekt „ReViSalt“ Teil der Masterclass des Gründernetzwerks SAXEED an der TU Bergakademie Freiberg und profitiert seitdem von der Kombination aus Coachingprogramm und regelmäßigen Vorträgen vor einer Expertenjury.



**„Superfest“ ist erstmalig wirtschaftlich für die breite Anwendung verfügbar und wird den Glasmarkt disruptiv verändern.**

In einem weiteren Projekt der Gründer wird ein neues Verfahren zum schnellen Verfestigen von Glas industrialisiert. Ein erster Kunde wurde bereits gewonnen und weitere – aus unterschiedlichen Bereichen – zeigen starkes Interesse.

Was genau bedeutet das? Das Problem Stand heute ist, dass chemisch verfestigte Gläser teuer in der Herstellung sind. Bedingt durch einen aufwändigen, mehrstündigen Herstellungsprozess sind die kratzfesten und bruchsicheren Gläser nicht für die breite Anwendung geeignet. In teuren Mobiltelefonen funktioniert das, bei einer „normalen“ Bierflasche oder einem Trinkglas nicht.

Neue Technologien setzen sich beson-

ders dann durch, wenn sie entscheidende Vorteile in Verbindung mit einer überzeugenden Wirtschaftlichkeit bieten. Genau die Möglichkeit ergibt sich jetzt.

Im Vorfeld des Projekts wurden daher umfangreiche Untersuchungen und Berechnungen erstellt, welche die Vorteile des neuen Verfahrens belegen. So ist es im Vergleich zum Stand der Technik möglich, bis zu 95 % der Energie zu sparen. Die Produktionskapazität kann vervielfacht werden. Die Kosten je Einheit sind so gering, dass verfestigte Produkte mit verbesserten Eigenschaften zu mit unverfestigtem Glas vergleichbaren Kosten produziert werden können. Erreicht wird das durch verringerte Wandstärken und somit verminderten Materialeinsatz. Beispiel: Bei 10 % weniger Material wird bei der Herstellung Energie gespart und das Produkt ist am Ende leichter. Das – verrechnet mit den nunmehr geringeren Mehrkosten der Verfestigung – zeigt deutlich in die richtige Richtung: Kostenneutralität.

Die Gründer haben daher die Vision, dass sich diese Technologie nicht nur am aktuellen Glasmarkt durchsetzen, sondern darüber hinaus auch den Markt für Glasanwendungen vergrößern wird. Nicht zuletzt die Verpackungsindustrie wird dadurch ein Material zur Verfügung haben, was heute durch seine Beschränkungen infolge seiner unzureichenden Festigkeit nicht in Frage kam.

Die Zukunft gehört dem Glas. Was mit den „superfesten“ Gläsern möglich ist, zeigen die Gründer in einer eindrucksvollen Demonstration. Dabei fährt ein 2,5 t schwerer Tesla mehrfach über einen – mit dem neuen Verfahren – verfestigten Glastrinkhalm.

**Mit Unterstützung einer EXIST-Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie konnten wir uns, als einer von drei Gewinnern, im 5. TUCLab-Wettbewerb 2022 gegenüber 30 Bewerbern mit unserem Geschäftskonzept durchsetzen.**

## Kontakt

mheidan@revisalt.com  
Video siehe: [www.2mh-glas.com](http://www.2mh-glas.com)  
Weitere Informationen unter:  
[www.revisalt.com](http://www.revisalt.com) und [www.2mh-glas.com](http://www.2mh-glas.com)

# Vom Labor in den Markt

## Validierungsförderung an der TU Bergakademie Freiberg

Carmen Bellmann

Seit Mai 2021 werden erfolgreich Projekte im Rahmen der Validierungsförderung durchgeführt. Derzeit sind es 11 Vorhaben aus allen Profillinien der TU Bergakademie Freiberg. Und deren Zahl wächst stetig. Der TUBAF Innovation Fonds (TIF) ermöglicht Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, zweimal im Jahr ihre Forschungsergebnisse einer internen Expertenjury vorzustellen und danach Validierungs- oder FLEX-Projekte zu starten. Noch bis 2025 ist eine solche Förderung möglich.

Ziel der Validierungsförderung ist es, dass Innovationspotential von Forschungsergebnissen zu prüfen und mögliche Anwendungen aufzuzeigen. Dabei sollen die Forschungsergebnisse so weiterentwickelt werden, dass diese von der Wirtschaft auf ihre Verwertbarkeit hin beurteilt werden können. Für die Forschungsergebnisse muss ein Funktionsnachweis vorliegen (TRL-Level mind. 4 bis 5, Versuchsaufbau im Labormaßstab bzw. Proof-of-Principle) und ein klarer Anwendungsbezug erkennbar sein.

Die Richtlinie zur Förderung der Validierung von Forschungsergebnissen ist ein Programm des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, das im Oktober 2020 neu aufgelegt wurde. Die Förderrichtlinie schließt eine Finanzierungslücke bei den Wissenschaftseinrichtungen für die praktische Durchführung von industrienahen Projekten.

Zum einen können die Forschungsergebnisse durch eine Lizenzierung mit Unternehmen verwertet werden, zum anderen können die geförderten Projekte in einer Ausgründung resultieren. Beide Verwertungswege werden bei den Vorhaben, die die Vielfalt und Innovationsorientiertheit der Forschung an der TU Bergakademie widerspiegeln, in Betracht gezogen.

### Zwei innovative Beispiele im Fokus

Zu den geförderten Projekten gehören beispielhaft „BiCaSyn“ vom Institut für Biowissenschaften und „SprayTex“ vom Institut für Anorganische Chemie.

**BiCaSyn** beschäftigt sich mit der nachhaltigen Produktion von Kaffeesäure



Oberfläche eines Halbleiterwafers vor dem SprayTex-Prozess („as lapped“)

Ergebnis des SprayTex-Prozesses: Polierte Oberfläche eines Halbleiterwafers

schreibt der Projektleiter Dr. André Stauf die Erfolgsaussichten seines Projekts.

### Unterstützung durch das Prorektorat Forschung und Transfer

Unterstützt werden die Projekte bei der Antragstellung und bei der Projektdurchführung von der Zentralen Transferstelle und dem Gründernetzwerk SAXEED – beide angesiedelt am Prorektorat Forschung und Transfer der TU Bergakademie Freiberg.

Die Zentrale Transferstelle vertritt die TU Bergakademie Freiberg als Ideen- und Technologiegeber aktiv nach außen. Sie bewertet neu entwickelte Technologien und künftige Erfindungen vorab und führt diese dann systematisch einer wirtschaftlichen Verwertung zu.

SAXEED sensibilisiert und motiviert Studierende, Hochschulabsolventen und Hochschulmitarbeiter für die Idee der eigenen Unternehmensgründung. Durch das breite Angebot an Netzwerk- bzw. Lehrveranstaltungen werden Gründer qualifiziert und von erfahrenen Gründerberatern – von der Bewertung der Geschäftsidee über die Entwicklung des Geschäftsmodells bis zur Gründung des eigenen Startups – begleitet.

Weitere Informationen zum TUBAF Innovation Fonds (TIF) stehen unter <https://tu-freiberg.de/wirtschaft/tubaf-innovation-fonds-tif> zur Verfügung.

### Kontakt

Dr. Carmen Bellmann  
Zentrale Transferstelle  
Prorektorat Forschung und Transfer  
Carmen.Bellmann@zuv.tu-freiberg.de

# Innovationsforschung an der TU Bergakademie Freiberg

## Entwicklung einer Corporate-Entrepreneurship-Plattform

Justus Wöhling, Jutta Stumpf-Wollersheim

### Hintergrund

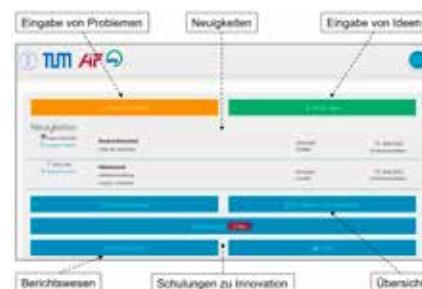
Aufgrund immer kürzerer Innovationszyklen und permanenten Kosten-drucks müssen Unternehmen sowohl effektiv als auch effizient handeln, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Die damit verbundene Koordination von Innovation und Optimierung der bereits etablierten Prozesse stellt Unternehmen vor große Herausforderungen. Viele Unternehmen tendieren aufgrund des Risikos nicht erfolgreicher Innovationen dazu, bereits praktizierte Lösungen zu optimieren. Dies birgt jedoch die Gefahr, wichtige Entwicklungen am Markt zu verpassen (O'Reilly & Tushman, 2013). Insbesondere für KMU ist die Wahrung des Gleichgewichts zwischen dem Finden neuer und der Verbesserung bereits bekannter Lösungen erschwert, da sie über geringere finanzielle, personelle und zeitliche Ressourcen verfügen als große Unternehmen (Cenamor et al., 2019). Abhilfe kann hierbei der Corporate-Entrepreneurship-Ansatz schaffen, welcher die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in das Zentrum der Optimierungs- und Innovationsbestrebungen eines Unternehmens stellt und die internen Ressourcen eines Unternehmens nutzt (Kreiser et al., 2021). Durch den Einsatz von geeigneter Software kann der Corporate-Entrepreneurship-Ansatz im Zuge der digitalen Transformation noch gezielter umgesetzt werden, um eine allgemeine Zugänglichkeit sowie einen besseren Wissensaustausch im Unternehmen zu ermöglichen (Gerlach & Brem, 2019).

### Entwicklung der Corporate-Entrepreneurship-Plattform

Der Lehrstuhl für Internationales Management und Unternehmensstrategie der TU Bergakademie Freiberg (Prof. Dr. Jutta Stumpf-Wollersheim) bearbeitete gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Strategie und Organisation der TU München (Prof. Dr. Isabell Welpe) das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderte Projekt „Entwicklung einer digitalen Corporate-Entrepreneurship-Plattform mit integrierter Innovationsschulung und Ideen- und Innovationsmanagement zur Stärkung der

Innovationskraft und Optimierung der Integration von Tagesgeschäft und Innovationen bei KMU“. Basierend auf verschiedenen qualitativen und quantitativen Erkenntnismethoden (z.B. Interviews, Befragungen) wurden Erkenntnisse für die Gestaltung einer Corporate-Entrepreneurship-Plattform abgeleitet.

Insgesamt dient die Corporate-Entrepreneurship-Plattform dem Ideen- und Innovationsmanagement. Sie umfasst neben integrierten Innovationsschulungen auch die Dokumentation von Problemen und Ideen, Berichte zum betrieblichen Innovationswesen sowie Interaktionsmöglichkeiten mit kooperierenden Nutzerinnen und Nutzern sowie Übersichtsfunktionen zu jeweils eigenen Aktivitäten (siehe Bild).



Startseite der Corporate-Entrepreneurship-Plattform

Die Corporate-Entrepreneurship-Plattform fußt auf der Erkenntnis, dass nicht nur Ideen, sondern auch Probleme ein Ausgangspunkt für Ideen und Innovationen sein können, weshalb sowohl Probleme als auch Ideen gesammelt werden. Probleme und Ideen werden in einem digitalen Prozess durch den Austausch (Kommentarfunktion) mit anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern konkretisiert und anschließend hinsichtlich ihrer Eignung zur Umsetzung (Idee) und Bedeutung (Problem) bewertet. Die vielversprechendsten Ideen durchlaufen zudem ein erweitertes Auswahlverfahren und werden bei der Umsetzung durch die Corporate-Entrepreneurship-Plattform digital nachverfolgt, um den gesamten Innovationsprozess bis zur Implementierung einer Innovation abzubilden. Eine Problem- und Ideenliste bietet allen Beteiligten eine Übersicht über die Innovationsprozesse im Unternehmen

und ermöglicht den Nutzerinnen und Nutzern die Behebung von Problemen durch deren Verbindung mit Ideen. Ein Berichtswesen bereitet Nutzerinnen und Nutzern individuelle Informationen über die eigenen Aktivitäten auf. Durch die „spielisierte“ Darstellung von Leistungen (z. B. mit Blick auf das Einreichen einer bestimmten Anzahl von Problemen oder Ideen) werden Nutzerinnen und Nutzer motiviert, weitere Beiträge zu leisten. Die in der Corporate-Entrepreneurship-Plattform integrierten Innovationsschulungen zielen auf das Vermitteln von Wissen und Methoden des betrieblichen Innovationswesens ab. Konkret betreffen die Schulungsinhalte den Umgang mit Problemen und Ideen, aktuelle technologische und gesellschaftliche Trends, Kreativitätstechniken und Vorlagen zur Ausarbeitung von Problemen und Ideen.

Die Praxistauglichkeit der Ergebnisse wurde durch einen engen Erfahrungsaustausch mit Unternehmen sowie mit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gewährleistet; zur Förderung dieses Austauschs wurden gezielte Praxistests durchgeführt und (strukturierte) Treffen mit dem projektbegleitenden Ausschuss organisiert.

### Erkenntnisse

Die entstandene Corporate-Entrepreneurship-Plattform bietet vor allem KMU eine Möglichkeit zur Steigerung ihrer Innovationskraft. Im Zuge der im Rahmen des Projekts durchgeföhrten Befragungen zeigte sich, dass das Vorhandensein eines betrieblichen Vorschlags- und Verbesserungswesens positiv mit dem Verhalten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (der individuellen Suche nach neuen Lösungen) sowie mit der wahrgenommenen Innovativität des Un-

### Kontakt

Justus Wöhling  
justus-emmanuel.waehling@bwl.tu-freiberg.de

Prof. Dr. Jutta Stumpf-Wollersheim  
jutta.stumpf-wollersheim@bwl.tu-freiberg.de

Schlossplatz 1  
09599 Freiberg

ternehmens selbst zusammenhängt. Zudem konnte durch Befragungen ermittelt werden, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Vorhandensein eines digitalisierten Vorschlags- und Verbesserungswesens mehr Ideen beitragen als in einem analogen System.

Darüber hinaus offenbarte sich die Bedeutung der Zugänglichkeit des Innovationsprozesses für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: In vielen Unternehmen werden Ideen in einem unstrukturierten, oftmals rein analogen Prozess gesammelt, wodurch Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine Beteiligung erschwert wird. Eine Befragung im Zuge der Bearbeitung des Projekts ergab, dass vor allem in der Nähe des Arbeitsplatzes viele Ideen und Einfälle entstehen, weshalb eine barrierefreie Einbindung von Innovationssoftware in den Arbeitsalltag von entscheidender Bedeutung ist. Auch beschäftigen sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Arbeitsalltag mehr mit der Verbesserung von Bestehendem und tendenziell weniger mit der Suche nach neuen Ansätzen. Deshalb ist das Management gefordert, dieses Missverhältnis proaktiv zu regulieren; hierzu können Maßnahmen wie das Schaffen von individuellen Freiräumen und die Förderung des Austauschs von Gedanken und Ideen implementiert werden.

In Ergänzung der IT-technischen Infrastruktur sind für Innovationen spezifisches Fachwissen und eine lernfreundliche Umgebung notwendig. In einer im Rahmen des Projekts durchgeführten Befragung wurde eine zu geringe Teilnahme an Innovationsschulungen deutlich. Da herkömmliche Schulungen oftmals zu kostenintensiv und zeitaufwändig sind, kann durch die Gestaltung der Mechanismen und Prozesse der Corporate-Entrepreneurship-Plattform die Denk- und Arbeitsweise von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Bezug auf Innovationen verbessert werden. Im Projekt konnte dies konkret durch die Etablierung eines integrierten Learning-by-Doing-Ansatzes bei der Bedienung der Software sichergestellt werden. So werden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch die entsprechende Gestaltung der Eingabemasken und der Prozesse zu einer gesamtheitlichen Auseinandersetzung mit Problemen und Ideen bewogen, auch ohne explizit Lerninhalte zu absolvieren.

Abschließend ist festzustellen, dass digitale Corporate-Entrepreneurship-Plattformen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Teams und Unternehmen ein großes Potenzial in sich bergen. Insbesondere die leichte Zugänglichkeit und die gemeinsame Bearbeitung von Problemen und Ideen können die individuelle

und organisationale Innovationsleistung verbessern. Nichtsdestotrotz ersetzt eine Corporate-Entrepreneurship-Plattform keine grundlegenden Faktoren wie eine deutlich ausgeprägte Innovationskultur, Freiräume für Experimente, Ressourcen zur Implementierung von Innovationen oder ein unterstützendes Umfeld; förderliche Faktoren für das Innovationswesen müssen auch beim Einsatz der im Rahmen des Projekts entwickelten Corporate-Entrepreneurship-Plattform vom Management stimuliert und praktisch umgesetzt werden.

#### Literatur

Cenamor, J., Parida, V., & Wincent, J. (2019). How entrepreneurial SMEs compete through digital platforms: The roles of digital platform capability, network capability and ambidexterity. *Journal of Business Research*, 100, 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.03.035>

Gerlach, S., & Brem, A. (2017). Idea management revisited: A review of the literature and guide for implementation. *International Journal of Innovation Studies*, 1(2), 144–161. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2017.10.004>

Kreiser, P. M., Kuratko, D. F., Covin, J. G., Ireland, R. D., & Hornsby, J. S. (2021). Corporate entrepreneurship strategy: extending our knowledge boundaries through configuration theory. *Small Business Economics*, 56(2), 739–758. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00198-x>

O'Reilly, C. A., & Tushman, M. L. (2013). Organizational Ambidexterity: Past, Present, and Future. *Academy of Management Perspectives*, 27(4), 324–338. <https://doi.org/10.5465/amp.2013.0025>

## Wenn der Roboter-Hund auf Spurensuche geht

Ein Rückblick auf die Lange Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Anne-Kristin Jentzsch



Foto: Sylvio Dittrich

Eröffnung der Langen Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft am HIF (v.l.n.r.: Dr. Gunter Erfurt/CEO Meyer Burger AG, Prof. Klaus-Dieter Barbke/Rektor TU Bergakademie Freiberg, Andrea Franke/Staatssekretärin im Sächsischen Wissenschaftsministerium, Sven Krüger/Oberbürgermeister Freiberg, Prof. Jens Gutzmer/HIF-Direktor und Silberstadtkönigin Julia)

Die Lange Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft ist seit 2007 eine Institution in Freiberg und begeistert alle zwei Jahre Groß und Klein bei spannenden Experimenten, Vorträgen und Führungen.

Das Virus ließ die Neugierigen nun noch ein Jahr länger warten, aber am 18. Juni war es endlich so weit. Über 1.000 Besucher zog es ans Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF), um hautnah zu erleben, womit sich die Forschenden an einem Institut des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR) so beschäftigen. Zahlreiche Experimente, Mitmach-Aktionen und Führungen begeisterten die Wissenschaftsinteressierten trotz der sommerlich heißen Temperaturen.

Unter dem Motto „Nachhaltig forschen, wirtschaften. Leben“ schlossen sich in diesem Jahr erstmalig die Stadt Freiberg, die TU Bergakademie Freiberg und das HIF zusammen, um in der Innenstadt und am HIF über wissenschaftliche und wirtschaftliche Fortschritte zu informieren. Oberbürgermeister Sven Krüger, Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbke und HIF-Direktor Prof. Jens Gutzmer eröffneten als Vertreter

der beteiligten Institutionen die Veranstaltung im Hörsaal des HIF. Als Ehrengast wurde Staatssekretärin Andrea Franke vom Sächsischen Ministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus begrüßt.

Bereits zum Start war der Besucherandrang groß – viele Freiberger und Besucher aus der Region hatten die Lange Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft nach dreijähriger Pause herbeigesehnt. Und so herrschte von 16 bis 22 Uhr reges Treiben an den vielen Ständen im und vor dem Institut. Im Außenbereich war vor al-

#### Kontakt

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf  
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie  
Chemnitzer Straße 40, 09599 Freiberg  
Kontakt: [a.jentzsch@hzdr.de](mailto:a.jentzsch@hzdr.de)  
Tel.: 0351 260 4429

lem der Roboter-Hund R-EX ein Besucher-magnet. Das Gerät, das ein bisschen an einen Hund erinnert, ist mit modernster Sensorik ausgestattet und wird für die Erkundung in schwer zugänglichem oder für den Menschen gefährlichem Gelände genutzt. Nahezu tiergleich spazierte er funkfern gesteuert über den Rasen und über Palletten, ohne ins Schwitzen zu geraten.



Der Roboter R-EX ist mit modernster Sensorik ausgestattet und wird für die Erkundung in schwer zugänglichem oder für den Menschen gefährlichem Gelände genutzt.

Im Inneren des Institutsgebäudes zog zunächst der Siebturm die Aufmerksamkeit der Kinder auf sich. Siebe mit verschiedenen Lochgrößen übereinander angeordnet, ließen süße Leckereien unterschiedlichen Durchmessers, angetrieben durch eine Rüttelplatte, hindurchrieseln oder hielten sie eben zurück. Auf spielerische Art zeigten die Forschenden damit, wie die Korngrößenverteilung von Schüttgütern ermittelt wird. Am Nachbarstand wurden verschiedene hydrometallurgische Verfahren experimentell vorgeführt, beispielsweise die Fällung, bei der in einem flüssigen Medium gelöste Wertmetalle durch das Hinzufügen geeigneter Substanzen ausgeschieden werden.



Ein Siebturm mit Süßigkeiten demonstrierte die Ermittlung der Korngrößenverteilung in Schüttgütern.

Ein Highlight im wahrsten Sinne des Wortes war an diesem Tag das Metallurgie-Technikum des Instituts. Kupferrot leuchtend steht diese Forschungsinfrastruktur seit letztem Jahr neben dem Institutsgebäude und durfte nun erstmalig öffentlich besichtigt werden. Entsprechend groß war der Andrang für die im Halbstundentakt angebotenen Führungen. Diese übernahmen die Institutsleiter Dr. Simone



Die Fällung ist ein hydrometallurgisches Verfahren, bei dem gelöste Wertmetalle durch das Hinzufügen geeigneter Substanzen ausgeschieden werden.

Raatz und Prof. Jens Gutzmer höchstselbst Anhand der Anlagen erklärten sie den Besuchern die pyro- und hydrometallurgischen Verfahren, die im Technikum zur Aufbereitung von mineralischen und metallhaltigen Rohstoffen angewendet werden. Im Anschluss daran konnte man auch einen Blick in die Aufbereitungshalle der UVR-FIA GmbH werfen, in der Gesteine mechanisch aufbereitet werden.



Führung durch das Metallurgie-Technikum, in dem pyro- und hydrometallurgische Verfahren zur Aufbereitung von Rohstoffen entwickelt und erprobt werden.

Und wer noch mehr über die Aufbereitung von Rohstoffen erfahren wollte, ließ sich in die Welt der Flotation durch Dr. Martin Rudolph, den Leiter der Abteilung Aufbereitung, einführen. Bei Stoffgemischen mit Korngrößen unter 20 Mikrometern – nicht einmal halb so dick wie ein Menschenhaar – wird beispielsweise die Schaumflotation praktiziert. Führt man einer Flüssigkeit mit fein gemahlenen Partikeln Gasblasen zu, haften die Blasen an Teilchen mit hydrophober, das heißt waserabstoßender Oberfläche. Diese steigen dann mit den angehängten Luftblasen



Dr. Martin Rudolph und Kollegin an einer Flotationszelle.

nach oben und bilden eine Schaumschicht, die abgeschöpft werden kann. Auf den jeweiligen Wertstoff zugeschnittene Reagenzien sorgen dafür, dass die „richtigen“ Körnchen in den Schaum gelangen.

Für Schülerinnen und Schüler bot das Schülerlabor DeltaX des HZDR Experimente und Mitmach-Aktionen zum Thema Optik. Und das HIF-eigene „Jugend hackt Lab“, eines von drei Experimentier-Laboren zum Thema Künstliche Intelligenz, führte in die Welt des maschinellen Lernens ein. Dass dabei auch die Kreativität gefragt ist, zeigte sich an einem berührungsempfindlichen Bildschirm. Auf diesen wurde per Hand ein Objekt gezeichnet, das das Programm „erkennen“ soll. Mit Hilfe Künstlicher Intelligenz deutet das Programm jeden Zeichenstrich und sagt an, was es zu erkennen meint. Das klappt nicht immer, aber das Programm lernt – maschinelles Lernen eben.



Über 1.000 Besucher kamen zur Langen Nacht ins HIF.



Am Fraunhofer-Stand konnten Kinder eine Batterie aus Kartoffeln bauen und zu Materialdetektiven werden.

Des Weiteren präsentierten sich das regionale Bündnis recomine zur Aufbereitung von Bergbauabfallen und die HIF-Ausgründungen Erzlabor, ein Unternehmen zur Rohstoffanalytik sowie TheiaX, welche Rohstofferkundung mittels Sensorik anbietet. Aber auch an den Ständen der sich präsentierenden Unternehmen Freiberg Compound Materials, Meyer Burger, Pama Paper Machinery, Beak Consultants sowie am Stand der Fraunhofer Institute THM und IKTS gab es Aktionen zum Mitmachen und Staunen. Alle gemeinsam repräsentierten sie am HIF-Standort den Bereich Forschung und Wirtschaft in Freiberg.

# Wissenschaftliches Leben am Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandelung (ZeHS)

Dirk C. Meyer<sup>1</sup>, Theresa Lemser<sup>2</sup>

Ein Besuch am ZeHS lässt reges wissenschaftliches Treiben erfahrbar werden, so auch für die Öffentlichkeit zur „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“ am 18. Juni 2022 geschehen. Im Forschungsbau ist der angestrebte Integrationsgedanke durch vielfältige Aktivität zu spüren. Während der tägliche Austausch unter den überwiegend jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern u. a. in den Teeküchen bei internationaler Sprachhandhabung stattfindet, wurden seit der Inbetriebnahme im Februar 2021 auch weitere Kommunikationselemente etabliert.

Nachfolgend soll auszugsweise über eine ZeHS-Ringvorlesung, ein ZeHS-Promovierendenforum, die Arbeit hin zu einer ZeHS-Schüleruniversität und die Ausstellung im Format „Kunst trifft Wissenschaft“ eingegangen werden. Mit einem Augenzwinkern führt das neue Maskottchen Libelle Billie aus dem Freiberger Schlüsselteich auch Kinder in die Forschungslandschaft ein.

Hinzu kommt das gewachsene Interesse von Forschungs- und Industriepartnern, aktiver Teil des ZeHS zu werden (dazu gern auch Anfragen an [theresa.lemser@zehs.tu-freiberg.de](mailto:theresa.lemser@zehs.tu-freiberg.de)). Kennzeichnend sind Themen, die das Zentrum auch international sichtbar machen, gemäß der ständig in Weiterentwicklung befindlichen Forschungsprogrammatik.



Eröffnung des 1. ZeHS-Kolloquiums (v.l.n.r.: Prof. D. Meyer, T. Lemser, Moderator Prof. M. Höck) rechts)

Das im Mai 2021 eröffnete ZeHS ist eine Zentrale Wissenschaftliche Einrichtung der TU Bergakademie Freiberg (TU BAF), in der ca. 40 Professuren unter einem Dach gemeinsam an Themen entlang der gesamten Wertschöpfungskette forschen. Darin eingeschlossen ist die Unterstützung von Aufgaben in

Lehre und Weiterbildung. Der wissenschaftliche Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung innovativer, ressourcen- und energieeffizienter Hochtemperatur-Technologien, die im Bereich der Grundstoffindustrie dominieren. Dafür sind Prozess- und Materialanforderungen in Chemie, Metallurgie sowie Keramik-, Glas- und Baustoffindustrie, von den Grundlagen bis zur ingenieurwissenschaftlichen und technologischen Umsetzung zusammenhängend zu betrachten.

## Ringvorlesung für die Universität und das Freiberger Umfeld

Besonders wertvoll ist neben Praktikumsräumen für Schüler ein 100 Hörer umfassender Vortragsraum. Dort berichten die Mitglieder des ZeHS nach dem erfolgreichen Auftakt im Wintersemester 2021/2022 nun in regelmäßigen Turnus zu ihren Forschungsthemen. Adressiert sind Studierende sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der TU BAF sowie, ausdrücklich, das stets interessierte Freiberger Publikum. Dabei besteht die Möglichkeit, die wissenschaftliche Infrastruktur sowie architektonische und künstlerische Akzentuierungen direkt kennenzulernen. So ist eine zeitlich wechselnde Ausstellung unter dem Titel „Kunst trifft Wissenschaft“ etabliert worden (s. u.). Das Ergebnis der ersten beiden Staffeln der Ringvorlesung zeigt, dass diese sowohl ein Instrument zur internen Vernetzung als auch hinsichtlich des Aufzeigens von Kooperationsmöglichkeiten mit Externen ist.

Die Veranstalter freuen sich nach dem gelungenen Auftakt auf eine gemeinsame Weiterentwicklung des Programms und folgen gern Hinweisen aus dem Hörerkreis.

Der angestrebte Ausstieg aus der Nutzung der heimischen Braunkohle gibt Impulse, die unmittelbar auf die Forschungsprogrammatik des ZeHS ausgerichtet sind. Das in einer ersten Ergebnisrunde erfolgreiche Projekt ERIS (*European Research Institute for Space Resources*) unter Leitung von Herrn Prof. Carsten Drebendt mit

Unterstützung der Universitätsleitung hat am ZeHS eine Heimstatt gefunden und die gesamte Gemeinschaft wird aktiv zu einer Umsetzung der Visionen, unter Nutzung von Materialressourcen des Mondes zu einem weiteren Ausgreifen in den uns umgebenden Raum beitragen.



Vortrag Matthias Zschornak, ZeHS-Promovierendenforum

## Promovierendenforum für Nachwuchswissenschaftler/innen am ZeHS

Daneben etablierten nun auch die Promovierenden am ZeHS eine eigene Plattform. Das im Sommersemester 2022 ins Leben gerufene Promovierendenforum bietet eine ideale Gelegenheit, sich durch Vorträge zu laufenden Arbeiten – dies auch ohne großen Vorbereitungsaufwand – gegenseitig zu informieren, kennenzulernen und so Kooperationen zu begründen und zu vertiefen. Moderiert wird das Format durch Dr. Matthias Zschornak ([matthias.zschornak@physik.tu-freiberg.de](mailto:matthias.zschornak@physik.tu-freiberg.de)), der sich bereits in verschiedene Aktivitäten des ZeHS hausintern und insbesondere mit Großforschungseinrichtungen einbringt, z. B. bei den Initiativen zur Vorbereitung eines Verbundprojekts zu Funktionsschichten und zur Sachsen-DESY-Kooperation. Im Rahmen des Promovierendenforums kann untereinander neugierig und ungewöhnlich (durchaus auch über vorläufige Ergebnisse) diskutiert werden,

1 Prof. Dr. Dirk C. Meyer, Wissenschaftlicher Sprecher des ZeHS, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg, Direktor des Instituts für Experimentelle Physik, Leipziger Straße 23, 09599 Freiberg

2 Ass. iur. Theresa Lemser, Referentin des ZeHS, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg

die Promovierenden besuchen sich auch in ihren Instituten oder stehen am Grill beisammen.



Prof. Drebendorf erklärt zur Ringvorlesung des ZeHS hinsichtlich zukünftiger (lunarer) Forschungsprojekte

## Entwicklung einer ZeHS-Schüler-universität

Als Ort der Ideen und des Entdeckens bietet das ZeHS mit seiner Infrastruktur hervorragende Voraussetzungen für Neues. Zur Umsetzung in Praktika und Forschungsthemen machen sich Juniorprofessorinnen und Juniorprofessoren im Diskurs mit dem Umfeld laufend Gedanken und verfügen über beste Voraussetzungen. Zur „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“ zeigten in diesem Jahr erfreulich viele junge und sehr junge Gäste ein reges Interesse an den Tätigkeiten der Forscher und Techniker am ZeHS. Das Demonstrationslabor, die Ausstellung „Salz des Lebens“ und die „Rallye der Sinne“ durch die Forschungslabore waren nicht nur für Mitarbeiter, Eltern und Großeltern, sondern auch für den Nachwuchs ein bereicherndes Erlebnis. Aufbauend auf diesen Erfahrungen und im Austausch mit Lehrkräften wird aktuell nun ein neues Konzept für eine ZeHS-Schüleruniversität erarbeitet (Kontakt: Max Stöber, max.stoeber@physik.tu-freiberg.de). Gerade am Übergang zwischen Grund- und weiterführenden Schulen ist es wichtig, das Interesse für Naturwissenschaften zu fördern. Bei der sonst üblichen Zielgruppe für Schülerlabore (Alter ca. 14 bis 17 Jahre) ist meist schon ein recht genau abgestecktes Feld von Interessen vorhanden und eine Beziehung zu naturwissenschaftlichen Fächern deutlich ausgeprägt – als Vorliebe oder allzu oft eher als Abneigung. Die Angebote für diese Altersklasse sind auch schon recht zahlreich und bereits längere Zeit etabliert – warum also nicht ein neues Publikum erreichen?

Das ZeHS-Konzept, welches auf das Alter 10 bis 13 Jahre (also Schulklassen 4 bis 6) abgestimmt ist, setzt im besonderen Maße auf Lust am spielerischen und experimentellen Erkunden. Dazu dienen facettenreiche Schülerexperimente und die übergeordnete Abenteuer-Erzählung mit unserem Maskottchen, der Libelle Billie (s. u.).

Das geplante Programm ist an die sächsischen Lehrpläne der Fächer Sachkunde und Physik (ab Klasse 6) angepasst. Bei der ersten Veranstaltung werden die Themenfelder Wärme und Energie erkundet. Sie ist vormittagsfüllend und besteht aus einer Erlebnisvorlesung mit Demonstrationsexperimenten, einer Laborführung und dem Experimentieren im Demonstrationslabor. Zum Abschluss gibt es ein spannendes Quiz und ein Juniordiplom mit kleinen Preisen – ermöglicht durch Sponsoren. Gern dürfen die Teilnehmer sich aktiv an der Weiterentwicklung des Formats beteiligen.

## Spitzenforschungsthemen

Die Vision des ZeHS besteht darin, die beteiligten Professuren und ihre Themen in besonderer Weise zu vereinen. Hinzu fördert die Universität übergeordnete, sogenannte Spitzenforschungsthemen, zu denen an anderer Stelle berichtet wird (Acamonta 2021, 28. Jg., S. 23 f.). Dabei geht es um Wärmedämmsschichten und neue Einsatzgebiete von Plasmen, eben dem Gedanken des ZeHS folgend. Natürlich liegt an dieser Stelle das Hauptaugenmerk der Arbeiten am ZeHS; entsprechend sei auf den Jahresbericht 2021/2022 unter <https://tu-freiberg.de/zehs/media> verwiesen.

## ZeHS-Kolloquium

Am 30. Juni fand im Forschungsbau das 1. ZeHS-Kolloquium mit mehr als 70 Teilnehmerinnen und Teilnehmern statt. Nach den pandemiebedingten Einschränkungen füllte sich dabei zum ersten Mal der Vortragssaal umfassend. Der Wissenschaftliche Sprecher des ZeHS, Prof. Dirk C. Meyer, empfand dies als eine Weihestunde und sah sich wohl mit der gesamten versammelten Wissenschaftsgemeinschaft in Einklang. Die Veranstaltung diente als Plattform zum Gedankenaustausch der ZeHS-Mitglieder sowie aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der TU BAF. Ziel war es, größere, institutsübergreifende For-

schungsprojekte zu initiieren und erste Projektkizzen vorzubereiten. Zu diesem Zweck wurde ein Mix aus Impuls-vorträgen und kleineren Workshops angeboten. Themenschwerpunkte waren „Funktionalisierte Werkstoffverbünde für Hochtemperaturanwendungen“, „Multifunktionsschichten“, „Hochtemperatur-Werkstofftechnik“ sowie die „Elektrifizierung von Stoffwandlungsprozessen durch Plasmaeinsatz“. Moderator war der Leiter der Koordinationsstelle Technologiemanagement und Systemanalyse, Prof. Michael Höck (michael.hoeck@bwl.tu-freiberg.de).



Unser Nachwuchs

## Nicht nur große Forschung am ZeHS, es sind auch kleine Akteure unterwegs: Libelle Billie

Aus der Wasserkunst der an das ZeHS angrenzenden Teiche, welche den Bergbau in zurückliegenden Jahrhunderten nährten, verfliegt sich die Libelle Billie in das Zentrum und erzählt den jungen Interessierten von den dort stattfindenden Arbeiten. Dazu gibt es ein kleines Buch im Format 10 cm x 10 cm (<https://tu-freiberg.de/zehs/media>).

Das ZeHS ist neben Natur- und Ingenieurwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern auch Künstlerinnen und Künstlern verbunden. Franziska Thiele von der Hochschule Mittweida griff den Zusammenhang in besonderer Weise auf und schuf für das Haus das Maskottchen Billie.

Zur „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“ besuchte der Journalist Christoph Heyden das ZeHS und folgende Worte sollen – mit seiner Zustimmung – mit den Leserinnen und Lesern geteilt werden:

„Wie ein Fluginsekt Lust aufs Studieren machen soll“ Auszüge aus einem Artikel von Christof Heyden in der Freien Presse vom 25. Juni 2022.

„Die Libelle Billie ist das neue Maskottchen des Forschungszentrums der TU Bergakademie Freiberg. Die kleine Wissenschaftsfee hat eine ganz beson-

dere Aufgabe: Ein winziges Flugwesen hatte sich kürzlich zur „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“ in Freiberg unter die Gäste gemischt, die den Forschungsbau des Zentrums für effiziente Hochtemperatur-Stoffumwandlung (ZeHS) besichtigten. Fast unbemerkt von den Dozenten, Studierenden und Gästen schwirrte Libelle Billie durch den jetzt zu den modernsten Wissenschaftsbauten Deutschlands zählenden Gebäudekomplex. Dem benachbarten Schlüsselteich als Heimatrevier entflogen, stahl sich das federleichte Fluginsekt in die Labore und Lehrräume. Allein das Team um den wissenschaftlichen Sprecher und ehemaligen Prorektor Dirk Carl Meyer und Referentin Theresa Lemser wussten um das kleine Insekt. „Die Libelle Billie wird unser Maskottchen. Mit dieser grafischen Figur wollen wir altersgerecht für unsere Einrichtung werben und Interesse bei den Jüngsten wecken“, erklärt der Hochschullehrer, der die Idee dazu hatte. Für ihn sei Billie auch ein Symbol: Ein kleines Wesen knüpfe ein Netzwerk, Ideen kompetenter Partner würden gebündelt und zu einem ehrgeizigen Ganzen zusammengebracht.

„Unser Anliegen ist es, den seit 2021 in Besitz genommenen Forschungskomplex zu beseelen, ihm auch einen emotionalen Hauch zu verleihen. Mit verschiedenen Materialien und Erlebnisangeboten wollen wir Heranwachsende und ihre Eltern für unsere Einrichtung interessieren, ihnen Einblicke in für Außenstehende hochkomplexe Prozesse geben.“ Mit einem kleinen Buch über Billies Erlebnisse im ZeHS leisten die Wissenschaftler einen ersten unterhaltsamen Beitrag für potenzielle neue Studierende. So mancher der jüngeren Gäste hatte sich zur „Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft“ gleich ein Exemplar der Erstauflage mitgenommen.

Für den Professor der Bergakademie und seine Mitstreiter ist Libelle Billie ein weiterer Baustein auf dem Weg zu einer ZeHS-Schüleruniversität. „In unserem Haus verfügen wir mit der Infrastruktur über die Möglichkeiten, zielstrebig Mädchen und Jungen für wissenschaftliches Arbeiten zu begeistern“, erklärt Dirk Carl Meyer. Schauplatz soll unter anderem ein Vortragsraum sein, der 100 Gästen Platz bietet. In Zusammenarbeit mit Physiklehrern haben die ZeHS-Forscherinnen und -forscher Themen erschlossen, die auf das Interesse der jungen Leute stoßen und ihnen Impulse für ein Studium vermitteln sollen. „Ein Demonstrationslabor mit Experimentierplätzen bietet Gruppen

aus Schulen die Möglichkeit, Forschungspraktika durchzuführen“, so Professor Meyer.

Getragen werden diese Vorlesungen von Forschungen des ZeHS auf dem Gebiet der Hochtemperaturprozesse und -materialien. „Der wissenschaftliche Fokus liegt auf der Entwicklung ressourcen- und energieeffizienter Hochtemperatur-Technologien in Bereichen der Grundstoffindustrie. Die Hochtemperatur-Stoffwandler umfasst dabei alle Prozesse, die bei Temperaturen oberhalb von 500 Grad Celsius ablaufen“, erklärt der Experte.

Professor Meyer führte zum Aktions- tag die Besucherinnen und Besucher durch den imposanten Neubau. Die Übergabe der rund 47 Millionen Euro teuren Investition, an deren Entstehungs- geschichte Dirk Carl Meyer erheblichen Anteil hat, erfolgte im Frühjahr 2021. Das Gebäude mit einer Maximalausdehnung von ca. 90 Meter mal 66 Meter sticht mit seinem bis in 17 Meter Höhe hinaufge- reichen viergeschossigen Bürogebäude in der Campus-Kulisse besonders hervor. Mit dem Maskottchen einer Libelle greifen die Freiberger auch den Zeitgeschmack der heranwachsenden Generation auf. Im Zuge der Wahl „Schönstes deutsches Wort“, die von der Goethe-Gesellschaft veranstaltet wurde, wurde „Libelle“ 2004 zum Siegerwort in der Kategorie „Vorschläge von Kindern“ gewählt.“

### Wo bin ich hier? Libelle Billie erkundet das ZeHS



Libelle Billie: „Was hier in Freiberg alles so entsteht; liebe Freunde, wollen wir gemeinsam auf gemeinsame Erkundungstour gehen?“; Foto: TU Bergakademie Freiberg

### Kunst trifft Wissenschaft“

Das ZeHS adressiert mit seiner Forschungsgrammatik einen interdisziplinären Zusammenhang. Inspiration und fachlicher Kontext im engeren Bereich leben auch davon, dass die Beteiligten die gesamte Bandbreite emotionaler Wahrnehmung erfahren. Entsprechend ist es sehr schön, dass es gelang, Künst-

lerinnen und Künstler seit der Bauphase für ein gemeinsames Wirken an der Idee des Hauses einzunehmen. Einen gelungenen Auftakt bietet die Ausstellung „Symmetrische Metamorphosen und andere Unmöglichkeiten“ des Coswiger Fotografen und ehemaligen Kaufmännischen Direktors des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf, Piet Joehnk, für die Reihe „Kunst trifft Wissenschaft“ am ZeHS. Der rege Zuspruch gab zunächst Anlass, die Dauer der Ausstellung zu verlängern; weitere Künstlerinnen und Künstler warten jedoch bereits, Ihre Werke anschließend auf zwei Etagen des ZeHS vorstellen zu können. Die im architektonischen Zusammenhang gewährten Präsentationsflächen geben Inspiration zu umfangreichen Gestaltungsmöglichkeiten, und auch hier ergeht eine Einladung, gemeinsam zu entwickeln oder verantwortlich zu übernehmen (dirk-carl.meyer@zehs.tu-freiberg). Die Ausstellungen sollen jeweils mit der im Foyer angebrachten Installation „Solaris“ von Axel Anklam als ersten Eindruck des Hauses korrespondieren (siehe hierzu Acamonta 2021, 28. Jg., S. 102 f.).



Foto: Piet Joehnk

Symmetrien: „Tauchglocke“ aus der Ausstellung von Piet Joehnk

### ZeHS-Jahresbericht 2021/2022

Die Mitglieder des ZeHS wollen sich untereinander und auch das Umfeld über ihre wissenschaftlichen Aktivitäten detailliert informieren. Dafür haben Sie gemeinsam einen ersten Jahresbericht mit einem Umfang von über 100 Seiten zusammengestellt. Diesen gibt es als Druckversion oder auch elektronisch über den Kontakt der Referentin des ZeHS Theresa Lemser (Theresa.Lemser@zehs.tu-freiberg.de) sowie unter (<https://tu-freiberg.de/zehs/media>). Herausgeber ist Prof. Dirk C. Meyer (dirk-carl.meyer@zehs.tu-freiberg.de), verantwortlicher Redakteur Dr. Hartmut Stöcker, hartmut.stoecker@physik.tu-freiberg.de).

# „Reise in die Welt der Rohstoffe“

## Buchvorstellung

Carsten Drebendstedt



Gerade in den letzten Wochen und Monaten wird wieder verstkt deutlich, wie existenziell wichtig mineralische Rohstoffe und Energie für unser tägliches Leben sind und wie schnell die zugehörigen Märkte instabil werden, Engpässe entstehen, Preise in die Höhe gehen.

Da verursacht z. B. eine Pandemie seit dem Jahresende 2019 eine Störung der Lieferketten. Wenn an einer Stelle in der Welt produziert werden könnte, können an einer anderen die notwendigen Rohstoffe und Vorprodukte nicht bereitgestellt oder transportiert werden und umgekehrt - Rohstoffe sind verfügbar, aber die Produktion und der Konsum stocken. Das System „just in time“, das auf einem perfektionierten Zusammenspiel der Partner innerhalb einer Produktionskette aufbaut, ist an seine Grenzen gekommen. Auf asynchrone Marktentwicklungen ist die Produktion nur bedingt vorbereitet.

Dann normalisieren sich die Lieferbeziehungen vorgehend und ein Supercontainerschiff versperrt für einige Tage die Seepassage durch den Suezkanal. Wieder stockt die Versorgung mit Rohstoffen und Vorprodukten.

Schließlich erleben wir am 24. Februar 2022 den Ausbruch eines Krieges gegen die Ukraine, ebenfalls mit Auswirkungen auf die Rohstoffmärkte durch Sanktionen, Gegensanktionen und wieder den Ausfall von Vorprodukten mangels Produktions- und Transporteinschrkungen im Kriegsgebiet. Den Verknappungen an Rohstoffen folgen Preissteigerungen, Inflation, Verlust der Kaufkraft

und Einschrkungen des Konsums.

Insbesondere bei Erdgas wird die Energieabhigkeit deutlich, trotz diversifizierter Lieferanten. Obwohl Deutschland über eigene Erdgasreserven verfügt, können diese durch den Bann der Fracking-Technologie in der Europäischen Union nicht effektiv gefördert werden. Dafür sind wir bereit, mit eben dieser Technologie gefördertes Erdgas aus anderen Regionen der Welt zu importieren. Die negativen Folgen verbleiben in den Lieferländern. Neue Abhigkeiten entstehen. Was, wenn auch diese Länder das Fracking verbieten? Die Beispiele zeigen, wie unser Leben und unsere Wirtschaft an die stndige Verfügbarkeit von Rohstoffen gekoppelt sind.

Protestbewegungen, wie „Fridays for Future“, verweisen auf die Umweltfolgen unseres gewohnten Lebensstils und fördern eine Technologiefeindlichkeit bei Kindern und Jugendlichen. Das betrifft auch den Rohstoffsektor.

Leider sind die Themen Rohstoff- und Energiesicherheit weitestgehend aus der Öffentlichkeit und aus den Schulbüchern verdrängt, bzw. nur noch als Teilaspekte prsent. Das spiegelt sich insbesondere in den sich dramatisch verringernden Studierendenzahlen insbesondere in den Ingenieurstudienfchern wider. Deshalb ist es wichtig das Wirtschafts- und Rohstoffbewusstsein gleichwertig zum Umweltbewusstsein in der Gesellschaft zu verstetigen. Nur ein ausgewogenes Vorgehen kann zu Lösungen führen.

Das Thema ist übrigens nicht neu. Agricolas Werk zu den zwölf Büchern vom Bergbau und Hüttenwesen von 1556 beginnt im Band 1 mit der Darstellung der Bedeutung des Bergbaus und liefert Argumente gegen seine Gegner.

Die Professur Bergbau-Tagebau verfolgt bereits seit Längerem ein Konzept, um die Vermittlung von Rohstoffwissen insbesondere bei Kindern, Jugendlichen und Lehrern, aber auch bei politischen Entscheidungsträgern, den Medien und der interessierten Öffentlichkeit zu fördern. Nach der Ausstellung „Vom Salz des Lebens“ und der Internetseite „Faszination Rohstoffe“ liegt nun das Buch „Reise in die Welt der Rohstoffe“ vor.

Das Buch stellt an 30 ausgewählten Einzelthemen Fakten und Zusammenhänge zur Verfügung, so dass sich der Leser ein reales Bild dazu machen kann, wozu und wie viel Rohstoffe und Energie wir benötigen, wo diese herkommen, wie sich Bedarfe von jedem Einzelnen beeinflussen lassen und wie es um die Zukunft der Rohstoffversorgung steht.

Eins ist sicher: Rohstoffe und Energie benötigen wir auch in Zukunft. Digitalisierung und Elektromobilität führen z. B. zu einem steigenden Strombedarf. Windkraft- und Solarstromanlagen benötigen pro erzeugter Kilowattstunde mehr Beton, Stahl, Kupfer und Aluminium als fossile Kraftwerke, zudem steigt der Bedarf an Selteneren Erden. Stromspeicher in Batterien erzeugen ebenfalls neue Rohstoffbedarfe, etwa an Lithium und Cadmium.

Sich mit den Themen rund um Rohstoffe und Energie zu befassen, ist eine langfristige und spannende Aufgabe, ein Teil unserer Daseinsvorsorge und damit wichtig für die heranwachsende Generation. Das Buch zeigt daher am Ende auch auf, welche Studienmöglichkeiten für georelevante Fächer bestehen.

Die Bücher haben wir an die mit Rohstoffen und Bildung befassten Ministerien in Sachsen und an Schulen versandt, wir stehen mit dem Verband der Geographielehrer im Kontakt und unterstützten die Lehramtsausbildung an der TU Dresden, insbesondere für die Fächer Chemie und Geographie. Wir wollen mit den hierfür Verantwortlichen ins Gespräch kommen, wie die Themen Rohstoffe und Energie besser in den Lehrplan integriert werden und welches Lehrmaterial wir dafür bereitstellen können.

Eine inhaltlich erweiterte Auflage des Buches wird im Frjahr 2023 erscheinen.

Ein besonderer Dank gilt dem Freistaat Sachsen, der das Buch im Rahmen der Sächsischen Rohstoffstrategie finanziell unterstüzt hat und den beteiligten Fachkollegen innerhalb und außerhalb der Universität, die zur Erstellung der Inhalte beigetragen haben. Die Textwerkstatt von Ute Baumgarten hat die Texte gemeinsam verndlich „bersetzt“ und Frau Anke Meschede von Element 79 ist eine tolle graphische Gestaltung gelungen.

# 73. BHT – FREIBERGER UNIVERSITÄTSFORUM

## Ein verstecktes Jubiläum

Tina Kühne



Deckblatt des Programmhefts zum 73. BHT – FREIBERGER UNIVERSITÄTSFORUM

Wenn eine Veranstaltung zum 73. Mal stattfindet, schenken ihr wenige Menschen besondere Beachtung – schließlich ist es Tradition, Jubiläen in Zehner- und Vierteljahrhundertschritten zu feiern. Doch im 73. BHT – FREIBERGER UNIVERSITÄTSFORUM vom 8. bis 10. Juni 2022 lag ein verstecktes Jubiläum. Ihren Ursprung hatte die Veranstaltung vor 75 Jahren.

Wer in den vergangenen beiden Jahren solche Veranstaltungen organisierte, musste mit vielen Unsicherheiten leben. Zweimal fand auch der BHT – FREIBERGER UNIVERSITÄTSFORUM pandemiebedingt komplett virtuell statt. 2022 lockte die wissenschaftliche Hauptveranstaltung der Universität wieder Teilnehmende auf den Campus.

Etwa 400 Personen hatten sich für die Kolloquien angemeldet. Sie vertraten die Forschung, Industrie, Politik und Gesellschaft und kamen aus Deutschland, Europa, Nordamerika, Australien, Asien und Afrika. Doch die Reise nach Freiberg war insbesondere aus dem Ausland nicht selbstverständlich. Deshalb wurden einige der 16 Kolloquien auch online angeboten.

Die Veranstaltung stand unter dem Rahmenthema „Mit Innovationen die Rohstoff- und Energiewende gestalten“. Bei den „Freiberg Silicon Days“ beispielsweise diskutierten die Anwesen-

den über leistungsfähige Solarzellen und das Recycling von Solarmodulen. Um „Recyclingmethoden in der Mobilität“ ging es im Kolloquium, das das Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik organisiert hatte. Ein interdisziplinäres Kolloquium beschäftigte sich mit der Robotik und ihren Einsatzmöglichkeiten unter Tage und unter Wasser.

Der Eröffnungsvortrag machte deutlich, welch globale Herausforderung der nachhaltige Umgang mit den Ressourcen der Erde ist. Pierre L. Ibisch, stellvertretender Vorsitzender der Deutschen Umweltstiftung und Professor für Nature Conservation an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, zeigte eindrücklich die zahlreichen Parallelen der Zerstörung artenreicher Wälder von Peru über Borneo bis zum Harz sowie die Schäden, die Waldbrände von Kalifornien bis Brandenburg hinterlassen.<sup>1</sup>



Der Eröffnungsvortrag veranschaulichte die Folgen für die Biodiversität durch die Ausbreitung des Menschen

Während der Corona-Pandemie und der ersten Kriegstage in der Ukraine haben viele Menschen Vergleiche mit der Weltkriegszeit gezogen – mal mehr, mal weniger passende. Auch bei der Rückschau auf die Anfänge des BHT liegen Vergleiche nahe.

Der erste Berg- und Hüttenmännische Tag (abgekürzt: BHT) fand am 28. und 29. Juni 1947 als „dies academicus“ statt. Er bestand aus Vorträgen, Musik, Theater und Tanz. Der Studentenrat hatte diese beiden Festtage organisiert. Die

1 Eine Aufzeichnung des Vortrags ist unter <https://tu-freiberg.de/bht> abrufbar.

damalige Korrespondenz der Organisatoren mit den Eingeladenen lässt die Verhältnisse erahnen, die zwei Jahre nach Kriegsende herrschten: Die prekäre Verkehrslage erschwerte die Anreise der auswärtigen Gäste. Auch Unterkünfte in Freiberg waren rar.

Angesichts der sich entwickelnden Gesellschaftsordnung war es ein Ziel der Organisatoren, den Ruf der Bergakademie zu verteidigen. Der Studentenrat schrieb von „böswilliger Verleumdung“ und „Arroganz“ des Westens gegenüber der Freiberger Institution. „Wir wollen endgültig mit der bei den westlichen Hochschulen herrschenden Auffassung aufräumen, nach der man uns als bessere Fachschule ohne wissenschaftliche Arbeitsmöglichkeiten hinzustellen sucht.“ (Brief des 2. Studentenratsvorsitzenden vom 27.5.1947 an das sächsische Ministerium für Handel und Versorgung)

Um solche Auffassungen zu kontern, luden die Studenten Vertretungen aus Clausthal, Aachen und Berlin ein, um sie von der „Bedeutung der Bergakademie für das deutsche Berg- und Hüttenwesen“ (siehe nächste Seite, Titel des Vortrags von Prof. Dr. Gerhard Grüß, des damaligen Rektors) zu überzeugen.

Ihren Ruf als hervorragende wissenschaftliche Einrichtung konnte sich die Hochschule über die Jahre in vielen Fachbereichen erhalten. Dennoch schwingt auch heute bei der Veranstaltungsorganisation die Hoffnung mit,



Das Kolloquium „Recyclingstrategien in der Mobilität“ diskutierte eines der hochrelevanten Themen beim 73. BHT – FREIBERGER UNIVERSITÄTSFORUM

### Kontakt

bht@grafa.tu-freiberg.de

die auswärtigen Teilnehmenden von Freiberg als passenden Ort zum Studieren, Forschen und für Kooperation zu überzeugen.

Zwei Jahre nach dem „dies academicus“ fand der erste „Berg- und Hüttenmännische Tag“ als wissenschaftliche Veranstaltung statt. In den folgenden Jahrzehnten trug dieser wesentlich dazu bei, die Verbindung der Hochschule mit der Industrie und damit auch ihr Ansehen zu stärken. Die Veranstaltung hatte besonders zu DDR-Zeiten große Bedeutung für die Stadt, lockte sie doch jedes Jahr Menschen aus unterschiedlichen Ländern an, auch aus dem „kapitalistischen Ausland“.

Bergbau und Hüttenwesen sind mittlerweile nur ein Teil der Fachgebietsvielfalt, zu der hier gelehrt und geforscht wird. Dem vielfältiger gewordenen Themenspektrum der Ressour-

cenuniversität wird die aktuelle Bezeichnung des BHT als „Freiberger Universitätsforum“ besser gerecht.

Dieses Forum gibt den Freiberger Forschenden die Möglichkeit, ihre Arbeit anderen Fachleuten sowie Entscheidungstragenden aus der Industrie und Politik zu präsentieren und mit ihnen praxisnah zu diskutieren. Mit dem „dies academicus“ vor 75 Jahren haben die damaligen Organisatoren den

Sonnabend, den 28. Juni 1947

9 Uhr FESTAKT im städtischen Festsaal  
Feierliche Musik (Städtisches Orchester)  
Begrüßung durch den Vorsitzenden des Studentenrates stud. rer. mont. Turski  
Vortrag Se. Magnificenz, des Herrn Rektors der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. Groß „Bedeutung der Bergakademie für das deutsche Berg- und Hüttenwesen“  
Musikstück (Städtisches Orchester)  
Vortrag von Herrn Dr.-Ing. Müller, Kammer der Technik, Dresden „Von den Grenzen der Welt und der Menschen“  
Abschließendes Musikstück (Städt. Orchester)  
14.30 bis 17 Uhr FÜHRUNG der Gäste durch die Institute der Bergakademie  
19 Uhr FESTVORSTELLUNG im Stadttheater Freiberg „Faust“ I. Teil  
22.30 bis 2 Uhr KOMMERS im Tivoli

Auszug aus dem Programm des Berg- und Hüttenmännischen Tags 1947 (Scan des Original-Flyers)

Grundstein für eine Veranstaltung gelegt, die noch heute überregionale Bedeutung hat.

## NOWA

### Network of Women in Academia an der TU Bergakademie Freiberg

Theresa Wand



Wie kann Wissenschaft weiblicher werden? NOWA bildet seit Juni 2021 ein Netzwerk für und von Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftsmanagerinnen der TU Bergakademie Freiberg. Das Netzwerk schafft Raum für persönlichen und interdisziplinären Austausch und Weiterentwicklung. Darüber hinaus will NOWA die Hochschulentwicklung mitgestalten, strukturelle Hürden abbauen und die Gleichstellung und Chancengleichheit von Frauen im akademischen Bereich weiter voranbringen.

Hinter NOWA stehen derzeit 75 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftsmanagerinnen der TU Bergakademie Freiberg, deren Anliegen es ist, Frauen in der Wissenschaft zu fördern, zum Austausch zusammenzubringen, fachlich anzuregen und Karrierewege persönlich weiterzuentwickeln. Gefördert wird das Netzwerk aus Mitteln der Rektoratskommission Diversity, Gleichstellung und Inklusion.

Das Netzwerk organisiert sich von innen heraus, wobei die für alle Mitglieder offene Steuerungsgruppe den Raum für Austausch bereitstellt, Wei-

terbildungen organisiert und weitere Mitglieder in das Netzwerk einlädt. Die Aktivitäten richten sich an den Bedarfen der Frauen aus und umfassen ganz konkret Workshops zur Karriere in der Wissenschaft, Verhandlungstrainings für Frauen, Führungsworkshops, aber auch virtuelle Mittagscafés, Get-togethers und Formate zur Sichtbarmachung von Frauen in der Wissenschaft.

Ziel des Netzwerks ist die Stärkung der Position von Frauen in der Wissenschaft, wofür es hochschulpolitisch mit der Rektoratskommission Diversity, Gleichstellung und Inklusion und dem Promovierendenrat zusammenarbeitet,



Erfahrungen teilt und Entwicklungen diskutiert, um so Frauen nicht nur persönlich zu stärken, sondern auch strukturelle Hürden abzubauen.

#### Austausch

NOWA bietet Platz für persönlichen und fachlichen Erfahrungsaustausch in unterschiedlichen Formaten. In gemeinsamen Meetings, Mittagsrunden oder dem NOWA-Café tauschen sich die Mitglieder der unterschiedlichen Fachrichtungen und Wirkungsbereiche aus. Der Schwerpunkt lag zu Beginn in der Konsolidierung des Netzwerks und auf der Erhebung von Bedarfen, Wünschen und Formen der gemeinsamen Arbeit sowie einem Einblick in die konkrete Situation von Wissenschaft-



lerinnen und Wissenschaftsmanagerinnen an der TU Bergakademie Freiberg. Die Themen der Treffen umfassen des Weiteren Fragen zur Karriere und Karriereplanung in der Wissenschaft, zu Entwicklungen innerhalb der Universität sowie den Austausch zu Förderprogrammen und Angeboten. Auch gemeinsame Forschungsvorhaben werden angedacht und erörtert.

### Workshops

Mit „Berufung Professorin – Karriere an Hochschulen“, „Frauen führen anders“ und „Verhandlungstraining für Frauen“ wurden spezielle Workshops für die Zielgruppe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftsmanagerinnen durchgeführt, in denen die Teilnehmerinnen erlebten, welche Dynamik und positiven Effekte rein weibliche Gruppen für das Lernen, das Ausprobieren und Reflektieren haben.

Nachwuchswissenschaftlerinnen mit dem Ziel, eine eigene Professur zu übernehmen, arbeiteten an der Frage, wie der Weg hin zur Professorin klug geplant und praktisch gegangen werden kann. Der Workshop motivierte und verstärkte die Teilnehmerinnen zu einer Bewerbung, und das Netzwerk wünscht allen Erfolg auf den nächsten Etappen.

Egal ob in Verhandlungsprozessen in der eigenen Arbeitsgruppe, bei der Aufteilung knapper Ressourcen im Labor oder bei Debatten mit Industriepartner:innen ist es wichtig, sich die Bedeutung des eigenen Anliegens bewusst zu machen und zu formu-

lieren. Die eigene Position klar zu vertreten und erfolgreich zu verhandeln übten die Teilnehmerinnen des Verhandlungstrainings für Frauen daher ganz praktisch.

Kommunikation war auch einer der Schwerpunkte im Workshop „Frauen führen anders“, in den die Teilnehmerinnen ihre eigenen Wünsche und herausfordernden Situationen als Führungskraft einbrachten. Auch der Umgang mit verschiedenen Persönlichkeitstypen, Feedback und Schlagfertigkeit wurden diskutiert und erprobt.

### Nacht der Wissenschaft

Dem Anliegen zum Austausch und zur Sichtbarmachung der Freiberger Wissenschaftlerinnen ist NOWA zur Nacht der Wissenschaft am 18.06.2022 mit viel Freude und Erfolg nachgegangen. Am NOWA-Stand wurde zum Memory spielen eingeladen, mit dem große Freiberger Studentinnen und Wissenschaftlerinnen vorgestellt wurden – gezeigt wurden neben Pionierinnen wie z. B. der ersten Studentin Mary Hegeler auch derzeit aktive Professorinnen. Die Besucher:innen konnten – verkleidet mit Laborkittel, -instrumenten und -werkzeug sowie Fachbüchern – Erinnerungsfotos erstellen lassen. Insbesondere Mädchen probierten sich so niedrigschwellig in der Rolle als Forscherin aus und informierten sich über den Beruf der Wissenschaftlerin. Der Austausch am Stand wurde ergänzt durch moderierte Gespräche auf der Science Couch, auf der die NO-

WA-Mitglieder Dr. Lisa Kühnel und Dr. Theresa Wand mit den Besucher:innen der Nacht der Wissenschaft über ihre Forschung und Wirkung ihrer Arbeit diskutierten.

### Netzwerk-Mitglied werden

NOWA steht allen Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftsmanagerinnen, Projektmanagerinnen, Mitarbeiterinnen der Fakultäten, zentralen Einrichtungen und Verwaltung der TU Bergakademie Freiberg offen. Wer Teil des NOWA-Netzwerks werden will, kann sich in der OPAL-Gruppe „NOWA – Netzwerk der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftsmanagerinnen“ eintragen oder direkt mit der Steuerungsgruppe unter [nowa@tu-freiberg.de](mailto:nowa@tu-freiberg.de) Kontakt aufnehmen. Sie sind herzlich eingeladen!

Auch über den Instagram-Kanal [nowa\\_tubaf](https://www.instagram.com/nowa_tubaf/) und den LinkedIn-Account [NOWA\\_TUBAF](https://www.linkedin.com/company/nowa-tubaf/) teilt das Netzwerk Termine und Impressionen.

### Neues lernen

**N**ir ermöglichen es, uns zu Themen rund um das Arbeiten in der Wissenschaft und unsere Karrierewege zu informieren und weiterzubilden.

### Organisation

**O**ir laden regelmäßig zu Netzwerktreffen, gemeinsamen Mittagessen, Workshops sowie fachlichem und persönlichem Austausch ein.

### Wirken

**W**ir gestalten die Hochschulentwicklung mit, um strukturelle Hürden abzubauen und allen Wissenschaftler\*innen gleiche Chancen zu ermöglichen.

### Austausch

**A**ir schaffen uns Raum für persönlichen und interdisziplinären Austausch und unterstützen und vernetzen uns gegenseitig.

### Kontakt

Dr. Theresa Wand  
Graduierten- und Forschungsakademie  
03731/39-3366  
[theresa.wand@grafa.tu-freiberg.de](mailto:theresa.wand@grafa.tu-freiberg.de)

# Änderungen im Hochschulrat der TU Bergakademie Freiberg

Ellen Weißmantel

Nach fünfjähriger Amtszeit als stellvertretende Hochschulratsvorsitzende verließ Frau Salomon, Schulleiterin des Geschwister Scholl-Gymnasiums in Freiberg, zum 30.09.2021 den Hochschulrat der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Mit ihren Erfahrungen und Kenntnissen wird Frau Salomon die TU Bergakademie Freiberg weiterhin begleiten. Sie wird dem zukünftigen Beirat der Schulleiter angehören.



Porträt Prof. Dr. Bernhard Cramer

Als Nachfolger schlug das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus (SMWK) Herrn Prof. Dr. Bernhard Cramer, Oberberghauptmann des Sächsischen Oberbergamts, vor. Herr Staatsminister Gemkow berief Professor Cramer gemäß § 86 Abs. 6 SächsHSFG für die Zeit vom 01.10.2021 bis 30.09.2026. Für diese fünf Jahre hat sich Professor Cramer u. a. nachfolgende Ziele gesteckt: „Als Oberberghauptmann sehe ich mich in meiner neuen Funktion im Hochschulrat sozusagen in der historischen Erbfolge der Gründungsväter der TU Bergakademie Freiberg. Damit stehe ich in der Verantwortung, die Universität auf ihrem aktuellen Weg bei den großen anstehenden Herausforderungen aktiv zu unterstützen. Mein Ziel ist es dabei, die TU Bergakademie Freiberg als Technische Universität in Forschung und Lehre sowie als wichtigen Standortfaktor für die Stadt Freiberg weiter zu stärken.“

Professor Cramer vermittelt zudem sein Wissen als Lehrbeauftragter zur „Rohstoffgeologie fluider Kohlenwasserstoffe“ und über „Spezielle Lagerstättenlehre der fossilen Organite“ sowie seit 2022 als Honorarprofessor für „Organische Petrologie“ an der TU Bergakademie Freiberg.



Porträt Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel

Zum neuen stellvertretenden Hochschulratsvorsitzenden wurde Herr Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel auf der 9. Sitzung des Hochschulrats am 26. Oktober 2021 gewählt.

Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel (BGR) ist bereits seit 2014 Mitglied des Freiberger Hochschulrats.

Der Hochschulrat der TU Bergakademie Freiberg setzt sich nunmehr aus folgenden 11 ehrenamtlichen Mitgliedern aus fünf verschiedenen Einrichtungen zusammen (Stand November 2021):

## Prof. Dr. Bernhard Cramer

Oberberghauptmann,  
Sächsisches Oberbergamt

## Dr. Claudia Dommasch

TU Bergakademie Freiberg,  
Fakultät 5

## Prof. Dr. H.-M. Eßlinger

ehem. Geschäftsführer Brauhaus  
Freiberg

## Wolf-Dieter Jacobi

ehem. Fernsehdirektor des MDR

## Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel

ehem. Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

## Prof. Dr. Monika Mazik

TU Bergakademie Freiberg,  
Fakultät 2

## Dr. Simone Raatz

Helmholtz-Institut Freiberg für  
Ressourcetechnologie

## Prof. Dr. Reinhard Schmidt

Oberberghauptmann des  
Sächsischen Oberbergamtes a.D.

## Prof. Hans-Ferdinand Schramm

Sparkasse Mittelsachsen

## Prof. Dr. Burkhard Schwenker

ehem. CEO Roland Berger  
Strategy Consulting

## Prof. Dr. Andreas Tünnermann

Institutsleiter Fraunhofer-Institut  
für Angewandte Optik und  
Feinmechanik

Weitere Informationen unter:

<https://tu-freiberg.de/universitaet/organisation/zentrale-organe/hochschulrat>

# Das Internationale Jahr des Glases der Vereinten Nationen – in Freiberg

Sindy Fuhrmann<sup>1</sup>, Gerhard Heide<sup>2</sup>



Seit den Jahren 1959/60 rufen die Vereinten Nationen (UN) das „Internationale Jahr des ...“ aus.<sup>3</sup> Damit sollen bestimmte Ereignisse oder Themen hervorgehoben werden, um Bewusstsein für die generellen Ziele der Vereinten Nationen zu schärfen und das Handeln entsprechend auszurichten. Mit der Verkündung des Internationalen Jahr des Glases 2022 (IYOG22) erkennt die Vollversammlung der UN über die Resolution A/RES/75/279<sup>4</sup> vom 18.05.2021 den bedeutenden Beitrag, den „Glas“ für eine nachhaltige Welt und damit für die UN Sustainability Development Goals (SDGs) der 2030-Agenda liefert, an.

## Was tut Glas?

Glas ist durchsichtig. Das heißt, dass die sichtbaren Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums nicht oder in farbigen Gläsern nur in einem begrenzen Wellenlängenbereich mit den atomaren Bestandteilen des Glases in Wechselwirkung treten. Diese Besonderheit ist für unsere Fenster – Licht kann hinein, unangenehmes

Wetter bleibt draußen – aber auch für andere Scheiben, z. B. Front- oder Seitenscheiben im Auto, im Bus oder der Bahn von großer Bedeutung für den sicheren Transport und Verkehr. Moderne Architektur mit beeindruckenden Fassaden, wie an dem vom Nationalen IYOG2022-Deutschland-Liechtenstein-Österreich-Komitee als „Ort des Glases“ ausgezeichneten CUBE in Berlin<sup>5</sup> sind ohne High-Tech-Verglasung nicht denkbar. Das Glas schützt nicht nur vor der äußeren Witterung, sondern auch vor der im Vergleich zum sichtbaren Licht energiereicheren UV-Strahlung, die z. B. Sonnenbrand verursacht. Der Transmissionsbereich von Glas ist durch eine Absorptionskante bei ca. 300 nm und eine weitere im infraroten Bereich bei ca. 1 µm Wellenlänge begrenzt. Die Lage dieser beiden Absorptionskanten hängt von der chemischen Zusammensetzung des Glases ab. Normale Fensterscheiben bestehen hauptsächlich aus Kalk, Soda und Sand und haben damit eine chemische Basiszusammensetzung von  $\text{CaO-Na}_2\text{O-SiO}_2$ . Spezialgläser, wie „ZBLAN“, ein auf Fluoriden basierendem Glas, oder Chalkogenidgläser, also solche Gläser, die auf Sulfid-, Selenid- oder Tellurid-Verbindungen

basieren, weisen eine sehr hohe Transmission im infraroten Bereich bis zu 100 µm Wellenlänge auf. Solche „ultralow loss“ Glasfasern sind besonders für die Datenübertragung allgemein oder für Spezialanwendungen im Bereich der Glasfaseroptik (z. B. Medizintechnik) von Bedeutung. Seit den 1990er Jahren werden weltweit Glasfasernetzwerke für unsere moderne Kommunikation auf- und ausgebaut. Apropos Medizintechnik: auf die Chemie kommt

es an! Gläser können gegenüber chemischen Angriffen extrem beständig sein – auch deshalb eignet sich Glas als inertes Material uneingeschränkt zum Lagern von Lösungsmitteln oder Säuren, und sie werden gesundheitsunbedenklich z. B. für Einmachgläser oder für sensible Chemikalien, wie Impfstoffe bzw. allgemein im Labor verwendet. Auf der anderen Seite gibt es spezielle, sich in Körperflüssigkeit auflösende oder teil-kristallisierende Gläser, die medizinisch angewendet beim Patienten Knochenwachstum (als Implantat), Zahnschmelzbildung (als Zusatz in der Zahnpasta) oder Wundheilung (als Wundauflage) fördern. Die meisten Gläser, nämlich denjenigen mit denen wir im täglichen Leben in Kontakt kommen, also Scheiben und Fenster, Behältergläser und Flaschen, sind Massenware und können in der Produktion sehr günstig hergestellt werden. Glas ist theoretisch zu 100 % recycelbar. Glasbehälter werden in Deutschland seit den 1970er Jah-



ren gesammelt, und die Recyclingquote konnte bis auf > 89 % gesteigert werden.<sup>6</sup> Aktuell ist der Bedarf an geeigneten Scherben (sauber, sortiert und nicht zu klein) hoch, denn jede Scherbe reduziert den Energiebedarf und damit den CO<sub>2</sub>-Ausstoß beim Herstellungsprozess. Glasprodukte tragen auch einen signifikanten Beitrag zur alternativen Elektroenergieerzeugung bei: Photovolta-

1 Institut für Glas und Glastechnologie, Sindy. Fuhrmann@igt.tu-freiberg.de

2 Institut für Mineralogie, Direktor der Geowissenschaftlichen Sammlungen

3 <https://www.un.org/en/observances/international-years>

4 English Version of the resolution accessible at <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N21/123/57/PDF/N211235.pdf?OpenElement>

5 <https://youtu.be/3ED1vVU3zSk>

6 Angabe für 2014, de.statista.com „Verwertungsquote von Verpackungen aus Glas in Deutschland“. 2019 lag die Verwertungsquote bei 84,1 %.



taikzellen sind mit besonderen Glasabdeckungen versehen, die die sensiblen Module schützen und dank spezieller Veredelungstechnologie die Reflektion des Sonnenlichts verringern und damit die Leistungsfähigkeit steigern. Die Rotorblätter von Windkraftanlagen bestehen oft zu einem Großteil aus Glasfaserkompositmaterial, das zum einen leicht und zum anderen fest und wenig verformbar ist, um der extremen mechanischen Belastung Stand zu halten. Nicht zuletzt sind Glas- und ebenso Steinwolle hochwertige, nicht brennbare Dämmmaterialien, die aus Recyclingglas bzw. basischen vulkanischen Gesteinen hergestellt werden.

Diese wenigen Beispiele zeigen exemplarisch, welche Bedeutung Glas für unsere moderne Gesellschaft hat und dass es eine besondere Rolle bei der nachhaltigen Nutzung der Ressourcen und dem Schutz unserer Erde spielt. Insgesamt werden über das Glas elf der siebzehn Ziele (siehe Grafik) für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen adressiert, die weltweit die nachhaltige Entwicklung auf ökonomischer, sozialer und ökologischer Ebene sichern sollen.



Glas ist durchsichtig, und vielleicht auch dadurch ist uns seine Vielfalt und Anwendung im täglichen Leben oft nicht bewusst.

Die TU BAF, insbesondere das Institut für Glas und Glastechnologie und das Institut für Mineralogie (mit der terra mineralia und den Geowissenschaftlichen Sammlungen) beteiligen sich mit zahlreichen Aktivitäten und Aktionen

am Internationalen Jahr des Glases 2022. So wurden im Foyerbereich der terra mineralia im Schloss Freudenstein fünf Vitrinen zum Thema gestaltet.<sup>7</sup> Im Abraham-Gottlob-Werner-Bau wurde im Foyer der Sammlungen im 2. OG und im Treppenhaus eine Sonderausstellung zu natürlichen Gläsern<sup>8</sup> eingerichtet und am 21. Juli mit einem Kolloquium eröffnet. Die ersten beiden Vitrinen geben einen Überblick über natürliche, glas-

bildende Prozesse sowie solche, die weder zum glasigen noch zum kristallinen Zustand führen und deshalb amorph genannt werden. Die folgenden Auslagen gehen detailliert auf Obsidian und Bimsstein, Pechstein und Perlit, Tektite und Opal, Kieselalgen und Phytolite sowie Präzipitate ein. Im Treppenhaus wird die Besonderheit der Sächsischen

Pechsteine dargestellt, die auch als Rohstoff für die Siemenschen Glaswerke in Dresden dienten. In der zweiten Treppenhausvitrine präsentiert Frau Dr. Hripsime Gevorgyan, Institut für Mineralogie, Ergebnisse Ihrer Dissertation über

einen Armenischen Vulkanitkomplex.<sup>9</sup> Beide Sonderausstellungen sind für

7 <https://tu-freiberg.de/presse/was-glas-alles-kann-neue-vitrinen-im-foyer-der-terra-mineralia>  
8 <https://tu-freiberg.de/geowsam/sonderausstellungen/natuerliche-glaeser>

9 Physical volcanology and petrology of Quaternary ignimbrites of the Aragats volcanic province, western Armenia, 2020, <https://katalog.ub.tu-freiberg.de/Record/0-1745080341> sowie Beitrag von Dr. Gevorgyan, S. 174

jeden, frei und kostenlos während der Öffnungszeiten zugänglich.<sup>10</sup>

Für den wissenschaftlichen Austausch wurde im Rahmen des 73. BHT-Freiberger Universitätsforums ein in-



ternational besuchtes Fachkolloquium „Glass - a transformative Material“ veranstaltet. Mit dreizehn Beiträgen (Vorträge und Poster) beteiligten sich die Freiberger Glasforscher am größten IYOG22 Wissenschaftsevent, dem ICG International Congress on Glass vom 04.-08.07.2022 in Berlin. Zur Freiberger Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft am 18.06.2022 wurde auf dem Schlossplatz unter dem Titel „Was ist Glas?“ versucht, getreu dem Ziel des IYOG22, der breiten Öffentlichkeit die Vielseitigkeit des Materials näher zu bringen. Es wurde live vor Ort Zuckerglas hergestellt, das von den Besuchern dann versteist werden konnte. Ein hauptverantwortlich von Jun.-Prof. Sindy Fuhrmann initierter und gemeinsam über das nationale IYOG22 Komitee Deutschland-Liechtenstein-Österreich organisierter Foto- und Videowettbewerb für Schüler und Jugendliche zwischen 12 und 23 Jahren sammelte bis 23.08.2022 Beiträge<sup>11</sup>. Die besten Bewerbungen wurden dann auf der Weltleitmesse für Glasprodukte, -herstellung und -verarbeitung - der glasstec Düsseldorf - der Öffentlichkeit präsentiert und prämiert.

10 terra mineralia: Di - Fr, 10-17 Uhr, Sa, So, feiertags 10-18 Uhr; Abraham-Gottlob-Werner-Bau, Brennhausgasse 14, Montag bis Freitag (außer Feiertage)  
11 [www.hvg-dgg-events.com/iyog2022-germany-videoewettbewerb](http://www.hvg-dgg-events.com/iyog2022-germany-videoewettbewerb)

# Zentrum für Wasserforschung Freiberg – ZeWaF

Mashaalah Zarejoushehgan<sup>1</sup>, Traugott Scheytt<sup>1,2</sup>

Wie würden Sie sich die Welt ohne Wasser vorstellen? Nach Angaben der World Health Organization hatten im Jahr 2020 weltweit über 2 Milliarden Menschen keinen Zugang zu einer sicheren Trinkwasserversorgung, und es wird erwartet, dass sich diese Zahl aufgrund des Klimawandels und des Bevölkerungswachstums noch weiter erhöhen wird<sup>1</sup>. Wasser ist zweifelsohne die wichtigste Ressource zur Erhaltung des Lebens und der natürlichen Bedingungen auf der Erde. Die Verringerung der verfügbaren Süßwasserressourcen aufgrund von Umweltverschmutzung und klimatischen Veränderungen in Verbindung mit der steigenden Nachfrage nach Wasser gefährdet jedoch weltweit die Sicherheit der Wasserversorgung und stellt uns vor große Herausforderungen.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, müssen innovative Technologien, nachhaltige Konzepte und neue Strategien und Methoden entwickelt und umgesetzt werden. Zu diesem Zweck wurden in Europa und weltweit innovative Organisationen und Zentren wie Water Europe bzw. UN-Water gegründet, um die Wasserkompetenzen zu bündeln und die verschiedenen Aktivitäten im Zusammenhang mit den Wasserfragen zu unterstützen und zu koordinieren.

Auch an der TU Bergakademie Freiberg (TU BAF) arbeiten Experten aus verschiedenen Forschungsbereichen an unterschiedlichen wasserbezogenen Fragestellungen. Entsprechend vielfältig sind die Forschungsaktivitäten in einer Vielzahl von Projekten und die zahlreichen themenbezogenen Lehrangebote der Universität. Das „Zentrum für Wasserforschung Freiberg – ZeWaF“ wurde 2019 innerhalb der TU BAF mit mehr als 20 beteiligten Wissenschaftlern aus 13 verschiedenen Instituten mit dem Ziel gegründet, die wasserbezogene Forschung an der TU BAF zu bündeln und die Wasserforschung in Sachsen und darüber hinaus zu fördern. Im ZeWaF sind wir bestrebt, nicht nur Wissenschaftler innerhalb der TU BAF zusammenzubringen, sondern auch die Zusammenarbeit mit assoziierten Wissenschaftlern außerhalb der TU BAF, die an verschiedenen wasserbezogenen Themen arbeiten, zu intensivieren.

Um diese Ziele zu erreichen, befördert das ZeWaF zahlreiche Kooperationen zwi-

schen der TU BAF anderen Forschungseinrichtungen, darunter dem UFZ Halle/Leipzig, dem HZDR und dem DESY (Deutsches Elektronen Synchrotron) in Hamburg. Das ZeWaF versteht sich als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Industrie, um die Bearbeitung vieler wichtiger wasserbezogener Themen wie Wasser und Umwelt, Wasser- und Ressourcetechnologien, Wasser und Energie, Wassernachhaltigkeit oder Fragen der Sicherheit zu ermöglichen. Alle genannten Themen wurden im ZeWaF in drei Grundpfeilern [Wasser und Umwelt, Wasser- und Ressourcetechnologie, Wasser und Energie] und zwei zusätzlichen Querschnittsthemen [Sensorik/Analytik/Messwesen und Digitalisierung/Künstliche Intelligenz/Robotik] strukturiert. Das ZeWaF wird in Zukunft ein wichtiger strategischer Partner für andere Forschungseinrichtungen sowie für Behörden und für die Wirtschaft werden, da es Forschung und Lehre zum Thema Wasser stärkt.

Das ZeWaF soll auch wesentlich dazu beitragen, die Zusammenarbeit zwischen den Doktoranden/Postdocs innerhalb der TU BAF zu intensivieren. Über ZeWaF-Netzwerke haben Wissenschaftler der TU BAF ferner die Möglichkeit, mit Forschern des Center for Molecular Water Science (CMWS) des DESY zusammenzuarbeiten, die in mehr als 45 internationalen Gruppen tätig sind. Darüber hinaus haben wir Zugang zu einer hochspezialisierten Laborinfrastruktur und den modernsten Photonenforschungseinrichtungen des CMWS/DESY. Um unsere Verbindungen innerhalb Deutschlands und international auszubauen, beteiligte sich das ZeWaF an den DESY CMWS DAYS, an denen zwischen 2. und 4. März 2022 mehr als 230 Teilnehmer aus 20 Ländern teilnahmen, und präsentierte laufende Aktivitäten und zukünftige Pläne<sup>2</sup>.

Eine weitere wichtige Aufgabe des ZeWaF ist es, verschiedene Aktivitäten zu besseren Kommunikation und Vernetzung zu organisieren. So präsentierten Doktorandinnen und Doktoranden des ZeWaF-Netzwerks im November 2019 bei einem ersten ZeWaF-Doktorandentreffen ihre Forschungsthemen und entwickelten gemeinsam neue Projektideen bei einem wissenschaftlichen Speed-Dating (Abbildung 1). Das zweite Treffen fand am 1. Sep-



Abb. 1: Wissenschaftliches Speed-Dating



Foto: Dr. Alireza Arab

Abb. 2: Führung durch die Labore der TU BAF

tember 2020 mit einer Präsentation und Führung durch die Labore der TU BAF statt (Abbildung 2). Zusätzlich besuchten Studenten der TU BAF die Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg im 2022. Diese Firma ist Teil einer internationalen Unternehmensgruppe und befasst sich mit der Standardanalyse von Umweltproben nach akkreditierten Methoden, wobei ca. 2.000 verschiedene Proben pro Tag bearbeitet werden. Die Führung wurde freundlicherweise von Herrn Axel Ulbricht (Geschäftsführer) und Dr. Thomas Hoppe (Vertriebsleiter & Prokurst) unterstützt. Neben der Besichtigung verschiedener Abteilungen des Unternehmens – von der Probenannahme bis zur endgültigen Analyse – konnten sich die Teilnehmer untereinander und mit Herrn Ulbricht und Dr. Hoppe austauschen, von denen sie wertvolle Hinweise für ihre Arbeit erhielten (Abbildung 3).

In einer weiteren Exkursion besichtigten Studenten, Mitarbeiter und Professoren des ZeWaF-Netzwerks am 20. Mai 2022 das Freiberger Brauhaus, die älteste Brauerei Sachsen (Abbildung 4), geführt vom ehemaligen Geschäftsführer, Herrn Prof. Dr. Hans Michael Eßlinger.

Das ZeWaF plant in naher Zukunft eine „Summer School – Reiche Zeche“ zu veranstalten, mit einer Präsentation der dort

1 Zentrum für Wasserforschung Freiberg- ZeWaF, TU Bergakademie Freiberg, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg

2 Lehrstuhl für Hydrogeologie und Hydrochemie, TU Bergakademie Freiberg, Gustav-Zeuner-Straße 12, 09599 Freiberg



Foto: Dr. M. Zarejoushghani

Abb. 3: Führung durch die Labore der Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg



Foto: Dr. M. Zarejoushghani

Abb. 4: Exkursion zum Freiberger Brauhaus

durchgeführten Arbeiten durch Doktoranden und Post-Docs. Eine abschließende Führung soll die einzigartigen Möglichkeiten des Lehr- und Forschungsbergwerks Reiche Zeche in Freiberg für Doktoranden und Postdocs bei der Umsetzung ihrer Forschungsprojekte aufzeigen.

Darüber hinaus organisiert und hostet das ZeWaF jeden Freitag das sogenannte „Lunchbag-Seminar“, bei dem von jeweils einer/m nationalen oder internationalen Wissenschaftlerin oder Wissenschaftler ein Vortrag zu einem wasserbezogenen Themen gehalten wird und das der Förderung der inneruniversitären Vernetzung dient. Dieses wöchentliche Seminar trägt dazu bei, Themen und Beiträge, die aktuell bearbeitet werden, bekannt zu machen und bietet gleichzeitig Doktoranden eine gute Plattform, ihre Leistungen zu präsentieren und Anregungen von außen zu erhalten.

Zusätzlich zu den Seminaren und Führungen organisiert das ZeWaF in Zusammenarbeit mit der Graduierten- und Forschungskademie (GraFA) der TU Bergakademie Freiberg Aus- und Weiterbildungskurse und Workshops für Doktoranden und Postdocs des ZeWaF-Netzwerks.

So nahmen im November 2021 Postdoktoranden des ZeWaF an dem dreitägigen Workshop „Thinking Your Way into Proposals“ teil, der von Dr. Iain Patten geleitet wurde. In dem Kurs lernten die Teilnehmer nicht nur, wie man einen erfolgreichen Antrag vorbereitet, sondern auch, wie man am besten bewilligte Projekte umsetzen und Veröffentlichungen vorbereiten kann. Die Absolventen des Workshops erhielten ihr Zertifikat von Prof. Traugott Scheytt, dem Sprecher des ZeWaF, am 1. Februar 2022 (Abbildung 5).

Nach dem erfolgreichen Workshop „Research Proposal Writing“ im November 2021 fand im September 2022 ein weiterer in Zusammenarbeit mit der GraFA organisierter Kurs „Leading international and interdisciplinary teams in academia“ statt.



Foto: Lisa Jarosch

Abb. 5: Teilnehmer des Workshops „Thinking Your Way into Proposals“

Eine weitere wichtige Aufgabe des ZeWaF ist die Ausarbeitung von Projekten in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern aus Wissenschaft und Industrie. Um eine solche Zusammenarbeit zu befördern, organisiert das ZeWaF Workshops, an denen Wissenschaftler der TU BAF und von anderen Universitäten, Forschungsinstituten, Unternehmen und Agenturen von Ministerien teilnehmen. Am 21. Juli 2021 fand an der TU BAF ein Wismut-ZeWaF-Workshop mit dem Schwerpunktthema Nachbergbau statt. Zusätzlich wurde 2021 in Kooperation mit DESY ein Projekt im Rahmen der Helmholtz Sustainability Challenge-Ausschreibung und im Februar 2022 ein BMBF-Projekt, an dem 10 Hochschul- und Industriepartner beteiligt sind, eingebracht. Dazu in Ergänzung wurden im März und April 2022 zwei Anträge beim „DESY Call“ und „EXFEL Letter of Interest“ gestellt.

Am 16. Juni 2022 fand im Freiberger DBI-Tagungszentrum ein Workshop in Zusammenarbeit mit der SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH statt, der dazu dienen sollte, bestehende Verbindungen zu vertiefen und neue Projektideen zu diskutieren und zu erarbeiten (Abbildungen 6, 7). Als traditionsreicher und leistungsstarker Standortentwickler prägt die SAXONIA die Re-



Foto: Dr. M. Zarejoushghani

Abb. 6: Workshop mit der SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH



Foto: Dr. M. Zarejoushghani

Abb. 7: Workshop mit der SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH

gion durch gezielte Revitalisierung und Umweltmanagement.

Um die Kommunikation und Vernetzung mit dem HZDR zu intensivieren, organisierte das ZeWaF am 14. Juli 2022 einen Workshop im KRÜGERHAUS in Freiberg (Abbildung 8). Das Programm umfasste zwölf interessante Vorträge zu verschiedenen Themen.



Foto: Dr. Mashaalah Zarejoushghani

Abb. 8: Workshop im KRÜGERHAUS am 14. Juli 2022

Ein weiterer Workshop unter Beteiligung des ZeWaF und der Landestalsperrenverwaltung (LTV) wurde im 2. Halbjahr 2022 mit den Themenschwerpunkten Wasserressourcen, Wassersicherheit und Klimawandel organisiert.

Seit Gründung des ZeWaF im Jahr 2019 unterstützt das Rektorat dessen Arbeit mit Mitteln aus dem Programm „Spitzenforschung“. Hierüber konnten zunächst zwei Mitarbeiter, Dr. Mashaalah Zarejoushghani und Herr Robert Bauer, finanziert werden, die seit Anfang 2022 für das ZeWaF arbeiten.

Um die Sichtbarkeit des ZeWaF zu erhöhen, wurden eine englische Version der ZeWaF-Website, ein neues ZeWaF-Logo und eine ZeWaF-Linux-Seite erstellt. Auf seiner Homepage bietet das Zentrum aktuelle Informationen über laufende Seminare, Workshops, Kursangebote im Bereich „Wasser“ und aktuelle Nachrichten (siehe Links).

#### Links

- 1 <https://tu-freiberg.de/zewaf> (German)
- 2 <https://tu-freiberg.de/en/zewaf> (English)
- 3 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- 4 [https://www.desy.de/aktuelles/news\\_suche/index\\_ger.html?openDirectAnchor=2257&two\\_columns=0](https://www.desy.de/aktuelles/news_suche/index_ger.html?openDirectAnchor=2257&two_columns=0)

# Der Neubau des Bibliotheks- und Hörsaalzentrums Freiberg

Susanne Kandler

Auch wenn es den Anschein hatte, dass es während der Corona-Pandemie an der TU Bergakademie Freiberg viel zu ruhig war: Auf den diversen Baustellen rund um den Wissenschaftskorridor herrschte durchgehend Hochbetrieb. Was fehlte waren Feiern, die aber mit der Eröffnung des Bibliothek- und Hörsaalgebäudes im kommenden Jahr nachgeholt werden - aber der Reihe nach.

Das genannte Bibliotheks- und Hörsaalzentrum ist Teil eines größeren, städtebaulichen Konzepts. Danach sollen Campus und Altstadt - nun auch baulich - miteinander verbunden werden. Die optimale Lage für diesen sogenannten Wissenschaftskorridor bot der ehemalige Messeplatz. Im Jahr 2009 erfolgte die städtebauliche Rahmenplanung. Nachfolgend erwarb der Freistaat Sachsen das Gelände von der Stadt Freiberg. Auf dieser Grundlage begannen dann die Planungen.

Die Baumaßnahmen umfassen insgesamt drei Objekte.

1. Den Auftakt des Korridors in Richtung Altstadt bildet das Bibliotheks- und Hörsaalzentrum.
2. Daneben findet sich das 2021 fertiggestellte Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS). Dieser Forschungsneubau bündelt die Kompetenzen unserer Universität im Bereich Hochtemperatur.
3. Als drittes Element entsteht der Wissenschaftskorridor selbst. Er wird nicht nur der Wegeführung, sondern auch als Fest- und Aufenthaltsfläche dienen und wird bis Herbst 2023 vollendet sein.

Das als Wahrzeichen vom Architekturbüro „behet bondzio lin architekten“ geplante Bibliotheks- und Hörsaalzentrum erfüllt diesen Zweck bereits jetzt. Der skulpturale Ausdruck des Baukörpers wird durch die Ziegelsteinoberfläche und die aufstrebende vertikale Gliederung der Fassade noch verstärkt. Es ist in Freiberg nicht mehr zu übersehen.

Mit dem prägnanten Bau an prominenter Stelle spricht sich Freiberg wahrnehmbar und klar für Lehre und Forschung aus - ein Wahrzeichen mit Leuchtturmwirkung!



Abb. 1: Entwurf Wissenschaftskorridor, 1. Preis, UKL  
Ulrich Krüger Landschaftsarchitekten

Das barrierefreie und energiesparende Gebäude gliedert sich optisch in 2 Teile. Zusammengeführt werden diese durch die sogenannte Fuge, welche der Erschließung dient und über eine Leseterrasse verfügt.



Abb. 2: Rohentwurf Neubau Hörsaalzentrum/Bibliothek  
der TU Bergakademie Freiberg

Im Turm sind die Bibliotheksverwaltung und die bisher noch unterirdischen Magazine der Bibliothek untergebracht.

Der breite Flachbau in Richtung der Winklerstraße beherbergt im Erdgeschoss zwei Hörsäle und drei Seminarräume. Erstere haben eine Kapazität von je ca. 350 Plätzen und sind mit aktueller Technik ausgestattet. Einer der Hörsäle wurde als Experimentierhörsaal ausgebaut.

Die drei Obergeschosse gehören der Freihandbibliothek mit den Studienarbeitsplätzen. So ermöglicht die Nähe von Lehre und Bibliothek eine effiziente Lernumgebung.

Das Gebäude orientiert sich zum Wis-

senschaftskorridor hin. Der Hauptzugang wurde als ca. 9 m hohes Foyer gestaltet. Die Erschließung im Erdgeschoss über eine „innere Straße“ wirkt weitläufig. Auf der Höhe der Hörsaalzugänge sorgt ein langgestreckter Lichthof für Orientierung und Tageslicht.

Zum Haupteingang der Bibliothek im 1. Obergeschoss führt die Besucher eine spektakuläre Treppe.

An dieser Stelle komme ich - mit dem besonderen Blickwinkel einer UB-Direktorin - zu den leitenden Gedanken der Gestaltung und Ausstattung unserer neuen Bibliothek selbst.

Allein über 800.000 Medien Raum zu geben, kann heute nicht mehr reichen.



Foto: TU Bergakademie Freiberg / UB



Foto: TU Bergakademie Freiberg / UB

Abb. 3 und 4: Lichthof (01/2022)



Foto: TU Bergakademie Freiberg / UB

Abb. 5: Treppe zur Bibliothek (11/2021)



Foto: TU Bergakademie Freiberg / UB

Abb. 6: Treppe Bibliothek (05/2022)

Jede mittlere Clouddienstanbieterin toppt dies leicht. Wegen und auch ein Stück ungeachtet der zunehmenden Digitalisierung der Lern- und Forschungswelt ist diese Bibliothek vielmehr als Ort der Konzentration, Inspiration, Kommunikation

und Innovation gestaltet. Menschen brauchen für Informationen einen Raum und eine Zeit. Es gilt, den unterschiedlichen Lern- und Arbeitsbedürfnissen Rechnung zu tragen. Was heißt das? Erforderlich sind Lernorte mit Aufenthaltsqualität.

In den drei Lesesälen wurden 480 zum Teil sehr verschieden gestaltete Arbeitsbereiche geschaffen:

- fest installierte und mobile,
- lounge-artige und solche für ein isoliert-konzentriertes Arbeiten,
- gruppierte sowie
- hinsichtlich der Geräuschkulisse laute und leise.

Weitere Arbeitsräume finden sich in

- fünf Gruppenräumen für insgesamt 50 Personen jeweils mit Medienausstattung,
- zehn Dauer-Arbeitsplätzen für Abschlussarbeiten,
- einem Eltern-Kind-Raum,
- einem Sehbehinderten-Arbeitsplatz,
- einem großen Vortrags-, Veranstaltungs- bzw. Gruppenraum im Erdgeschoss,
- einem Seminarraum für 36 Personen,
- einen Lesesaal für den wissenschaftlichen Altbestand,
- einem Lounge-Bereich mit Zeitschriften sowie
- einem sogenannten Mixed Reality Raum.

Letzterer verfügt über Technik für die Arbeit an und die Entwicklung von 3D-Modellen. Als Stichworte dazu seien



Foto: TU Bergakademie Freiberg / UB

Abb. 7: Arbeitsplätze am Lichthof 1. OG - 08/2022

beispielsweise „Datenbrille“, „Molekülforschung“ oder auch „digitales Bergwerk“ genannt.

Aufgrund der immer kürzeren Iterationszyklen der technischen Entwicklung setzt die neue Bibliothek auf ein technikoffenes Konzept. Das heißt, nur ausbaufähige bzw. austauschbare Komponenten kommen zum Einsatz.

Aktuell verfügt der Großteil der Arbeitsplätze über jeweils eigene Steckdosen. Ausgewählte Plätze haben zudem Netzwerkanschlüsse für das Arbeiten mit größeren Datenmengen. Im gesamten Haus ist WLAN verfügbar. Für mobile Endgeräte, wie Laptops oder Smartphones, gibt es Ladestände. Ausgeliehene Bücher und Medien können im Eingangsbereich automatisiert angenommen werden. Schließlich ist auch die Klimatechnik auf dem neuesten Stand.

Der letzte große Schritt bleibt uns noch. Nach fünf Jahren Bauzeit ziehen wir im Frühjahr 2023 um. Ab dann erfüllen wir unsere Bibliothek mit Leben!

## Von der Utopie zur Wirklichkeit Eine kleine Baugeschichte der Universitätsbibliothek

Angela Kugler-Kießling

*... Ich bin wie Moses, ich sehe das verheißene Land, aber ich werde nicht dahin kommen ...*

Dieser Satz steht unter dem Bild *Die Bibliothek der Zukunft* (Abb. 1). Von welchem Bibliotheksdirektor der bergakademischen Bibliothek er geschrieben wurde, ist leider nicht bekannt. Es könnte aber jeder von ihnen gewesen sein.

Es war das Schicksal dieser 1765 gegründeten Bibliothek, dass es immer zu wenig Geld, zu wenig Platz – aber zu viel Wasser gab. Obwohl schon die Gründungsväter auf die dringende

Notwendigkeit einer Bibliothek hinwiesen, gab es oft nur ein verzweifeltes Ringen aller verantwortlichen Inspektoren und später Direktoren der bergakademischen Bibliothek um den notwendigsten Mindest-Etat zum Erwerb von Literatur und zur Unterbringung der Bestände. Nach und nach kamen nur einzelne Räume hinzu. Dennoch, die stetig wachsenden Anforderungen an die Erweiterung des Bibliotheksbestands waren trotz sparsamsten Wirtschaftens ge-



Nr. Schellhaus, Walter, Bestand UB FG

Abb. 1: Die Bibliothek der Zukunft.

gen Ende der 1850er Jahre nicht mehr mit den jährlichen Haushaltsmitteln in Höhe von 760 Taler in Einklang zu bringen. Das Finanzministerium in Dresden lehnte den Antrag auf Aufstockung der Mittel – sowohl für die Jahre 1859 als auch für 1860 – ab, genehmigte aber für die Finanzperiode 1861/63 jährliche 800 Taler. Die gleiche Summe wurde für 1864/66 bewilligt. Im Zuge der umfangreichen Erweiterungsbau- maßnahmen der Bergakademie bis 1857 war auch der Bibliotheksflügel völlig umgebaut worden. Ein neues Dach ruhte nicht mehr auf den bisher im Magazin der Bibliothek befindlichen Säulen, sondern ausschließlich auf den Umfassungsmauern, während neue, leichtere Säulen nur die Galerie des Magazins trugen<sup>1</sup>. Die Bibliothek gewann durch die zusätzliche Höhe deutlich an Platz. 1866 löste Alfred Wilhelm Stelzner Ferdinand Reich als Akademieinspektor und ersten Bibliothekar ab. In seine Amtszeit fiel 1869 die Reorganisation der sächsischen Bergbehörden. Für die Akademie bedeutete das, dass sie fortan nicht mehr dem Oberbergamt unterstellt war und damit selbstständiger handeln durfte. Stelzner war jung, kämpferisch und ein Gegner aller Bürokratie, die ihm seitens der Direktion der Bergakademie zuweilen begegnete. In seinem ewigen Kampf um eine Erweiterung des Bibliotheksetats auf 1.000 Taler fand Stelzner schließlich Unterstützung beim Lehrkörper, der die Meinung vertrat, ... *daß die Vergrößerung des Bibliotheksetats keineswegs nur eine vermehr-*

1 Eduard Heuchler (Hochschullehrer und Architekt bezeichnete diesen Bau 1854 als „in jeder Weise eine beklagenswerte Zugabe zu den akademischen Gebäuden“.

*te Unterstützung der Bergakademie, sondern eine Staatsausgabe sei, welche dem vaterländischen Berg- und Hüttenwesen überhaupt und insbesondere dessen in Freiberg befindlichen Behörden und Beamten zum Nutzen gereicht*

... Die Ausdehnung der Wissensgebiete, die Steigerung der Literaturproduktion und die zunehmende Zahl der an der Bergakademie vertretenen Disziplinen verlangten eine Etataufstockung, ... *damit die Hochschule nicht hinter anderen Lehranstalten zurückbliebe...*<sup>2</sup> Aber auch dieses Ersuchen lehnte das Finanzministerium ab, und als Stelzner 1871 an die Universität nach Córdoba ging, wurde die Stelle des Akademieinspektors nicht wieder besetzt.

Am 1. September 1871 erhielt die Bergakademie zu Freiberg ihren ersten Direktor – Gustav Adolf Zeuner. Der große Reformer trug wesentlich zur Überwindung der Krise der Akademie bei. Sein Reformwerk erstreckte sich auch auf die Bibliothek. Seiner Fürsorge gegenüber der Bibliothek war die Aufstockung der Haushaltmittel auf 900 Taler (1872) und auf 3.000 Mark (1876) zu verdanken. 1915 wurde das dreistöckige Verbindungsgebäude zwischen dem Bibliotheksflügel des Hauptgebäudes und dem metallurgischen Laboratorium errichtet. Das brachte für die Bibliothek

2 OBA10571 Bd. 9, Bl. 27-30.

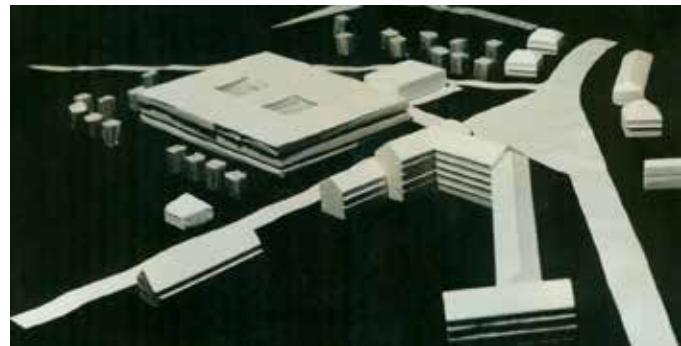


Abb. 2: Modell eines Bibliotheksneubaues 1967, Hochschule für Architektur Weimar, UB Freiberg

zwei neue Magazinräume von je 36 qm, die an das große Magazin im ersten und zweiten Obergeschoss anstießen und ab Frühjahr 1917 benutzt werden konnten. Damit wies die Bibliothek eine Grundfläche von nunmehr 486 qm auf.

Die durch die Inflation von 1919 bis 1923 bedingten Preissteigerungen und die Etatkürzungen während der Weltwirtschaftskrise zwangen die Bibliothek zu schmerzlichen Sparmaßnahmen. In den folgenden Jahren unterstützte die Gesellschaft der Freunde der Bergakademie den Erwerb von Literatur. Im Frühjahr 1946 erfolgte der vorübergehende Umzug der Bücherei in das „Teutonenhaus“ Nonnengasse 35. Dort fanden auf einer Gesamtfläche von 600 qm ca. 80.000 Buch- und Zeitschriftenbände, 600.000 Patentschriften, 12.000 Dissertationen, 470 Handschriften und 1.700 Kartenwerke (7.800 Blatt) eine Unterkunft, bis sie wieder an ihren alten Standort in der Nonnengasse umgezogen werden konnten.

Als man in den 1950er Jahren begann, Auslagerungsstellen in ungenutzten, oft feuchten Wohnräumen einzurichten, entstanden tatsächlich erste

Baupläne für ein eigenes Bibliotheksgebäude. Ein Generalbebauungsplan für den Campus von 1952/53 zeigt eine überaus eindrucksvolle Architektur.

Umgesetzt wurde der Plan nicht. Ebenso wenig der 1967 von der Hochschule für Architektur Weimar entworfene Plan einer neuen, modernen Bibliothek.

Ende der 60er Jahre beauftragte das Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der

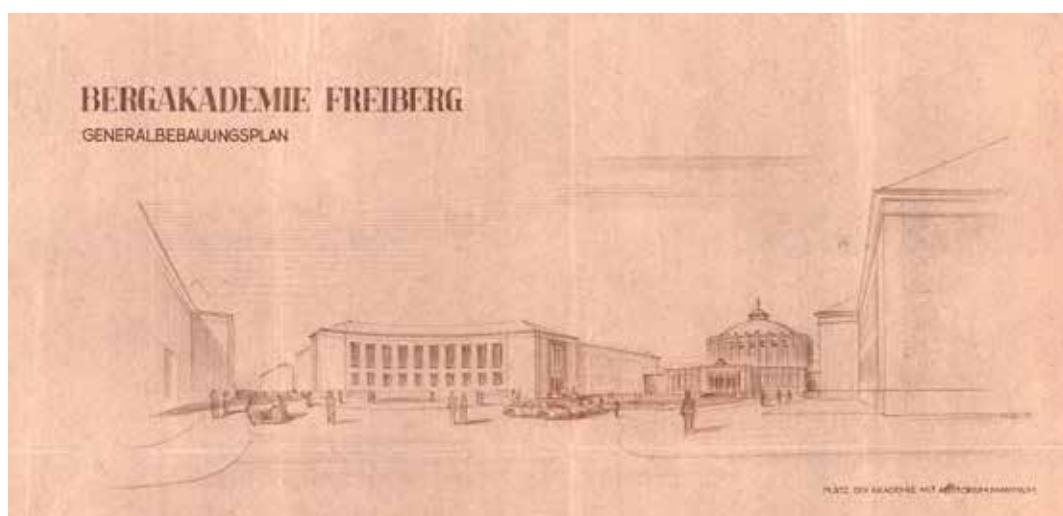


Abb. 3: Generalbebauungsplan 1952/53, UA Freiberg



Abb. 4: Projekt von Prof. Nentwig, um 2000, Bestand UB Freiberg

DDR im Rahmen der Zusammenarbeit der Ostblockländer im RGW (Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe) schließlich sogar ein Büro in Ungarn mit der Projektierung eines Bibliotheksgebäudes. Das zuständige Bezirksbauamt Karl-Marx-Stadt (Chemnitz) lehnte das Vorhaben aber ab, weil das ungarische Projektierungsbüro einen monolithischen Baukörper vorgesehen hatte, der nicht in der bevorzugten Plattenbauweise errichtet werden konnte. Da aber nach wie vor akuter Platzmangel bestand und die Unterbringung der Bestände in ungenutzten Altstadtwohnungen untragbar wurde, folgte von 1969 bis 1971 eine bemerkenswerte Aussonderungswelle. Bemerkenswert u. a. deshalb, weil mit der Argumentation, Platz zu benötigen, damals nicht mehr nur Doubletten, sondern Altbestände (u. a. eine Inkunabel und zahlreiche naturwissenschaftliche Drucke des 16. Jh.) ausgesondert wurden. Dennoch reichte der geschaffene Platz nicht, um die Bestände sicher aufzustellen zu können. Der Bibliotheksbestand war auf 450.000 Medieneinheiten angewachsen, und selbst die Auslagerungsstellen platzten nach wie vor aus allen Nähten. 1971 gelang es dem damaligen Rektor<sup>3</sup>, den Neubau der Bibliothek in die Beschlüsse des VIII. Parteitags der SED aufzunehmen zu lassen. Daraufhin beauftragte die Bergakademie TU-Projekt Dresden mit der Planung eines Bibliotheksgebäudes. Die dortige Entwurfsgruppe war seit Jahren auf den Bau von Menschen und Bibliotheken spezialisiert. Aber auch deren Entwurf wurde abgelehnt. Stattdessen gewann bekanntlich ein Neue-

rervorschlag ...<sup>4</sup> Um den Bau schneller voranzubringen, wurden zeitweise mehr als 200 polnische Gastarbeiter von der Weißenborner Papierfabrik „ausgeborgt“. Ab 1. September 1980 konnte dann schließlich eine moderne Hochschul-

eigenen Gebäude bibliothek in einem für Lehre und Forschung genutzt werden. Damals standen 260 Lese-Arbeitsplätze zur Verfügung. Einzigartig für das ostdeutsche Bibliothekswesen waren damals die erste Regalrollanlage (hergestellt vom Erdölkombinat Gommern) und die Phonothek.

Mit der politischen Wende erhielt die Bibliothek – jetzt Universitätsbibliothek – bedeutende Mittel aus diversen Infrastrukturförderungsprogrammen zur Anschaffung dringend benötigter Fachliteratur. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützte mit unterschiedlichen Förderaktionen den Auf- und Ausbau von Spezialbeständen. So erhielt die Bibliothek 1997 den Auftrag, die Sondersammlgebiete Bergbau, Hüttenwesen, Markscheidekunde und Geologie, Mineralogie, Petrologie so wie Bodenkunde zu betreuen. Neue Studienrichtungen und Forschungsprojekte bedingten einen immensen Zuwachs an Literatur. Die Folge war, wie schon so oft in der Geschichte unserer Bibliothek, ein akuter Platzmangel. Dazu kam, dass der Rechnungshof bereits seit 1993 eine konsequente Reduzierung/Auflösung der Zweigstellen der Bibliothek forderte. Damit muss-

ten auch die dortigen Bestände in die Hauptbibliothek übernommen werden – und die alten Probleme waren wieder da: kein Platz, kein Geld, zu viel Wasser – denn das Dach des Gebäudes war im Laufe der Jahre undicht geworden und bei jedem Starkregen wurden alle verfügbaren Gefäße im Lesesaal und in den Arbeitsräumen aufgestellt.<sup>5</sup>

Parallel zum damit erhöhten Arbeitsaufwand erfolgte damals eine 50%ige Reduzierung des Personals. Die Bestände waren inzwischen trotz intensiver Aussonderungsaktionen auf 742.524 Einheiten<sup>6</sup> angestiegen, das Bibliotheksgebäude aber nur für max. 450.000 Bestandseinheiten konzipiert. Wieder wurden Bauprojekte in Auftrag gegeben – und nicht umgesetzt. So gab es Überlegungen zu einem Bibliotheksanbau aus dem Jahr 2000 (Abb. 4) oder eine Studie zum neuen Außen-Campus mit der/einer Bibliothek im Zentrum (Abb. 5). Die Ausführung der Bauprojekte wurde von Haushalt zu Haushalt verschoben, bereits bewilligte Mittel wieder gestrichen.



Abb. 5: Studie zum Campus, 2009/11, Bestand UB Freiberg

In den letzten 10 Jahren haben sich die Anforderungen der Studierenden, Lehrenden und Forschenden gravierend verändert. Nur mit enormem Aufwand konnten die notwendigen Arbeitsbedingungen in der Bibliothek aufrechterhalten werden. Eine moderne Universität braucht eine zeitgemäße Bibliothek mit entsprechenden Ressourcen. Und die bekommt sie im Jahr 2023.

3 Dietrich Rotter, u. a. Professor für Geomechanik, zwischen 1970-1976 Rektor der Bergakademie

4 Die Unterlagen zu diesem Neuerervorschlag konnten im Universitätsarchiv leider nicht mehr gefunden werden. Erhalten geblieben ist aber der Auszahlungsbeleg.

5 Im März 2014 wurde das Kellermagazin des Wiss. Altbestands Opfer eines Wassereinbruchs mit immensem Schaden.

6 Mittenzwei, Karin: Die Universitätsbibliothek „Georgius Agricola“ - Entwicklung seit 1989, 2000

# Unsere Bilder werden F.A.I.R.

## TUBAFmedia – die neue Bild- und Mediendatenbank der TU Bergakademie Freiberg

Jens Kugler



Unter der Überschrift „Unsere Bilder werden F.A.I.R.“ wurde zur Nacht der Wissenschaft 2022 in der Universitätsbibliothek die neue Bild- und Mediendatenbank der TU Bergakademie Freiberg, die den Namen TUBAFmedia trägt, der Öffentlichkeit präsentiert (Abb. 1).



Abb. 1: Die Bild- und MediendatenbankTUBAFmedia

Dieser Titel gründet sich auf die „F.A.I.R. Data Principles“ – eine internationale Richtlinie, die auf eine bessere und erhöhte Wiederverwendbarkeit von Datenbeständen aus der Forschung und des digitalen **Kulturerbes** abzielt. Das Akronym steht dabei für: „Findable, Accessible, Interoperable, Re-usable“.

Dabei bedeuten:

- Auffindbarkeit (to be Findable): Die Daten und die beschreibenden Metadaten sind leicht zu finden
- Zugänglichkeit (to be Accessible): Die Daten und Metadaten werden langzeitarchiviert verfügbar gemacht
- Interoperabilität (to be Interoperable): Die Daten können mit jeweils anderen Datenbeständen verknüpft werden. Dies wird durch die maschinenlesbaren Formate der Metadaten gewährleistet
- Wiederverwendbarkeit (to be Re-usable): Zur Wiederverwendbarkeit trägt die exakte Beschreibung der Datensätze über ihre Metadaten bei. Eine wichtige Rolle spielt dabei

die Provenienz der Daten. Zudem werden die Bedingungen für ihre Nachnutzung durch eine eindeutige Lizenz (z.B. Creative Commons) kenntlich gemacht.<sup>1</sup>

Seit längerem gab es an der TU Bergakademie Freiberg den Wunsch nach einem einheitlichen fach-, fakultäten- und ressourcenübergreifenden Datenbanksystem, insbesondere für die

Fotos oder Scans von Karten, Zeichnungen, Grafiken, Kupferstiche, 3-D-Dateien, Videos, Audiodateien, PDFs und Office-Dateien) zusammen mit ihren Metadaten zentral verwaltet, organisiert und durchsuchbar bereitgestellt werden sollen. Es sind zahlreiche individuelle Anpassungen möglich. Alle Konfigurationen – so die Modellierung von Objekttypen, die Gestaltung von Eingabemasken und Suchfunktionen sowie das Rechte- und Rollenmanagement – werden ebenso wie das Hochladen der Dateien oder die Eingabe der Metadaten über die Web-Oberfläche vorgenommen.

Ein gebunden in alle Entscheidungen bezüglich des Datenbanksystems waren stets die Kolleg\*innen des Universitätsrechenzentrums. Die Software wird auf einem redundant ausgelegten virtuellen Server im Universitätsrechenzentrum betrieben. Die Verfügbarkeit eines großen Netzwerk-Datenspeichers garantiert für die nächsten Jahre ausreichende Speicherkapazität. Die Wartung des Betriebssystems sowie der notwendigen Softwarekomponenten wird durch die Firma *Programmfabrik* gewährleistet, während die komplette Instanz am Backup-System des Universitätsrechenzentrums angeschlossen ist. Weiterentwicklungen der Software werden durch regelmäßige Updates installiert. Das Management der Datenbank (Einrichtung von Pools, Maskenerstellung, Metadatenvorgaben etc.) obliegt der Direktion und der Zentralabteilung Informationstechnologie der Universitätsbibliothek, die über regelmäßige Schulungen auch alle mit der Datenbankverwaltung betrauten Mitarbeiter\*innen über die Anpassungen, Erweiterungen und möglichen Potenziale zur Optimierung der Datenbank informieren.

In *easydb* werden die Datensätze in sog. Pools gespeichert, die der inhaltlichen und organisatorischen Strukturie-

umfangreichen Fotobestände bspw. im Medienzentrum, in der Pressestelle, in der Universitätsbibliothek, den Sammlungen oder auch bei den Instituten (Bsp. Abb. 2-4). Aus diesem Grund bildeten Vertreter\*innen der genannten Einrichtungen eine Arbeitsgruppe, die ab 2017 mehrere professionelle Datenbanksysteme für diese Zwecke evaluierte. Letztlich fiel die Entscheidung zugunsten von *easydb* des Unternehmens *Programmfabrik GmbH* aus, die gegenwärtig von zahlreichen europäischen Universitäten, Instituten, Bibliotheken, Archiven, Sammlungen und Museen sowie namhaften Forschungseinrichtungen und Unternehmen genutzt wird.<sup>2</sup>

Es handelt sich um eine webbasierte und daher betriebssystemunabhängige Software, die für Institutionen bzw. Arbeitsprojekte entwickelt wurde, bei denen große Bestände von Medien in unterschiedlichen Datenformaten (z. B.

1 <https://www.publisso.de/forschungsdatenmanagement/fair-prinzipien/>

2 <https://www.programmfabrik.de/digital-asset-referenzen/>

### Kontakt

Universitätsbibliothek „Georgius Agricola“  
TU Bergakademie Freiberg oder Steigerweg 3,  
09603 Großschirma (OT Kleinvoigtsberg)



Abb. 2: Holzleserin mit Kiepe um 1900 (Vorlass Dr. Götz Altmann, Pool der UB Freiberg)



Abb. 3: Werbebeilage aus der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ von 1927 (Pool der UB Freiberg)



Abb. 4: Holzausbau Lehrmittelsammlung (Pool der Kustodie)

rung der Daten dienen und auch eine hierarchische Verwaltung erlauben (Hauptpools und Unterpools). Gegen-

wärtig finden sich in TUBAFmedia Pools der Universitätsbibliothek, der Universitätskommunikation/Pressestelle, des Medienzentrums, der Kustodie sowie des Instituts für Elektrotechnik (Fakultät 4), die wiederum teilweise in Unterpools mit speziellen Anforderungen gegliedert sind. Weitere Pools sind in Vorbereitung, z. B. für die Geowissenschaftlichen Sammlungen (Mineralogie und Paläontologie) oder die Sammlung von Markscheidegeräten.

Darüber hinaus kommt TUBAFmedia nun auch im Rahmen des von der Stiftung „Innovation in der Hochschullehre“ geförderten VirtFa-Einzelprojekts (Virtuellen Fakultät) zum Einsatz, das an der TU Bergakademie Freiberg die Entwicklung innovativer Lehr- und Lernumgebungen zum Inhalt hat.<sup>3</sup> Damit können bspw. digitalisierte Unikate der geo-, natur- und ingenieurwissenschaftlichen Lehrmittelsammlungen virtuell zugänglich gemacht, fließend in die digitale Lehre integriert und langzeitarchiviert werden.

Für Institute oder einzelne Fachbereiche der TU Bergakademie Freiberg besteht ebenfalls die Möglichkeit Pools (ggf. mit Unterteilung in Unterpools) in TUBAFmedia anlegen zu lassen, um bspw. Vorgaben von Forschungsförderern zu erfüllen. Die Metadatenmasken eines jeden Pools können dabei speziell an die Anforderungen der bildgebenden Einrichtung angepasst werden. Diesbezügliche Wünsche können an die verantwortlichen Mitarbeiter\*innen der Universitätsbibliothek herangetragen werden, die gern über die Struktur der zu verwaltenden Daten, das Rechte- und Rollenmanagement, ggf. über die erforderlichen Migrationsstrategien sowie über weitere Funktionalitäten informieren und beraten. Das Hochladen der Bilder und die entsprechende Metadatenbeschreibung erfolgen dann durch Mitarbeiter\*innen der bildgebenden Einrichtungen.

Ziel ist die zentrale, standardisierte Verwaltung und Langzeitarchivierung des Bildmaterials der Universität, das durch entsprechende Metadaten beschrieben wird. Dabei handelt es sich um übergreifende Informationen zur jeweiligen Bildressource, die mit dieser zusammen als Datensatz in der Datenbank abgelegt wird. Die Metadaten bilden zudem die Grundlage für

3 Siehe Beitrag in diesem Heft.

eine effektive Recherche. Ein Teil der Metadaten kann durch die Anwendung von Schnittstellen und Austauschformaten generiert werden. Für Personen oder Schlagworte wird u. a. die GND (Gemeinsame Normdatei) genutzt. Die Einbindung weiterer Schnittstellen, beispielsweise für Geografika, die dann automatisiert die Geo-Koordinaten für Orte, geografische Objekte oder Regionen besitzen, ist mit *GeoNames* geplant. Andere, bereits in den Dateien vorhandene Metadaten können per Mapping beim Bildimport entweder ausgelesen oder beim Download in unterschiedlicher Art exportiert werden.

Die Sichtbarkeit der Datensätze wird über sogenannte Tags gesteuert. Auf Medien mit dem Tag „fachbereichsintern“ haben ausnahmslos die Bearbeiter\*innen des jeweiligen Pools bzw. die Mitarbeiter\*innen der bildgebenden Einrichtung Zugriff. Über die Kennzeichnung „uni-intern“ kann allen Angehörigen der TU Bergakademie Freiberg, die über den Anmeldedienst *Shibboleth* auf die Datenbank zugreifen, die Recherche, der Download etc. der Bildbestände erlaubt werden. Ist das Tag „extern“ aktiviert, kann weltweit jede(r) Benutzer\*in über das Internet auf die Daten zugreifen. Darüber hinaus kann die Download-Qualität in Kombination mit den Sichtbarkeiten festgelegt werden. Ist das Tag „Download des Originals“ aktiviert, kann die Datei ohne Einschränkungen in Originalqualität auch von externen Benutzer\*innen heruntergeladen werden. Abhängig von verschiedenen Faktoren, stehen meist auch weitere Dateiformate und Größenreduzierungen zum Download bereit.

Authentifizierte Benutzer\*innen haben darüber hinaus die Möglichkeit, Mappen anzulegen, in die sie markierte Datensätze per Drag & Drop ablegen können. Diese Funktion erlaubt es bspw. die besten Treffer einer thematischen Recherche zu speichern oder in Bezug auf die digitale Lehre virtuelle Semesterapparate für Bildmaterial anzulegen.

In den Metadaten finden sich darüber hinaus auch Hinweise zu den Nutzungsrechten und zur empfohlenen Zitationsweise. Die Grundlage für die Entscheidung gibt das deutsche Urheberrecht.<sup>4</sup> Historisches Bildmaterial, an dem das Urheberrecht bereits erloschen

4 [https://www.wikiwand.com/de/Urheberrecht\\_\(Deutschland\)](https://www.wikiwand.com/de/Urheberrecht_(Deutschland))

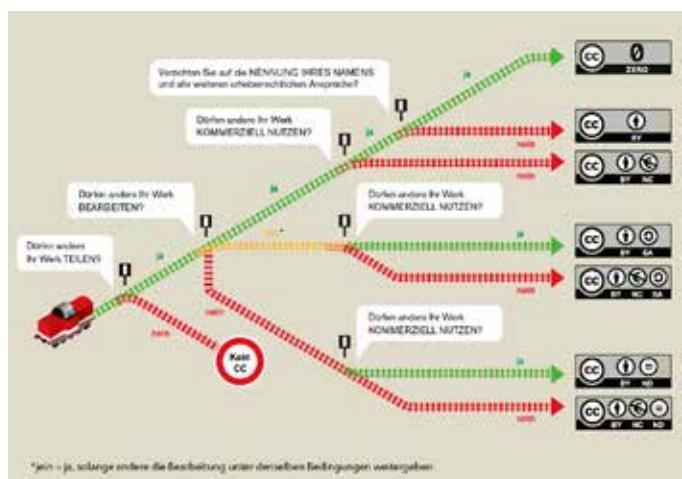


Abb. 5: Infografik „Welches ist die richtige CC-Lizenz für mich?“ (Grafik von Barbara Klute und Jöran Muuß-Merholz, CC BY SA 3.0)

ist, steht gemeinfrei (public domain) zur Verfügung. Medien, die noch dem Urheberrecht unterliegen, an denen die Universitätsbibliothek oder die TU Bergakademie Freiberg aber die Nutzungsrechte halten, werden im Sinne von Open Science nach Möglichkeit unter eine Open-Content-Lizenz gestellt. Dabei handelt es sich um standardisierte Verträge, die eine freie Nutzung erlauben bzw. die Konditionen zur Weiternutzung (Bearbeitung, Weitergabe etc.)

likation eine Genehmigung eingeholt werden muss, ist ebenfalls vermerkt. Weitere Informationen zum Thema können auch den Nutzungsbedingungen entnommen werden, die vor dem eigentlichen Zugang zur Datenbank

5 <https://de.creativecommons.net/was-ist-cc/>

festlegen. Für unsere Bild- und Mediendatenbank kommen Lizenzverträge der Creative Commons (CC)<sup>5</sup> zum Einsatz (Abb. 5) – bevorzugt die wirklich freien Lizenzmodelle CC-BY und CC-BY-SA. Geschützte Inhalte sind mit „in copyright“ gekennzeichnet. Ob im Falle einer Pub-

immer bestätigt werden müssen.<sup>6</sup>

Mit der Datenbank TUBAFmedia wird den Angehörigen der TU Bergakademie Freiberg nun seit Ende 2021 ein wichtiges Arbeitsinstrument zum Organisieren und Langzeitarchivieren von Bildmaterial geboten. Durch diesen von der Universitätsbibliothek betreuten Service soll zum einen die institutionelle Lehre und Forschung gestärkt und zum anderen die Chancen der Digitalisierung im Sinne von Open Science genutzt werden, um die (historischen) Bildschätze der Universität für die Wissenschaft und Gesellschaft zugänglich zu machen.

6 Siehe: <https://tu-freiberg.de/tubafmedia>

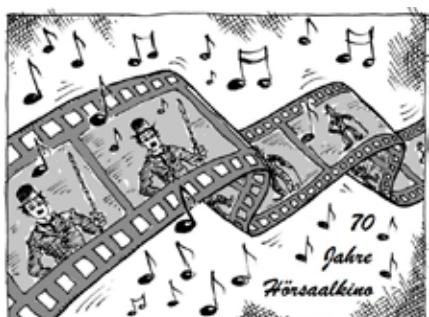
Die Datenbank ist unter folgendem Link erreichbar:  
<https://mediathek.tu-freiberg.de/>  
 (QR-Code als Zugang)



Bei Fragen wenden Sie sich an das TUBAFmedia-Team der Universitätsbibliothek Freiberg: [tubafmedia@tu-freiberg.de](mailto:tubafmedia@tu-freiberg.de)

## 70 Jahre Hörsaal-Kino

Thomas Schmalz



Am 7. Mai 2022 fand im Audimax der TU Bergakademie ein Filmmusikabend aus Anlass des 70-jährigen Bestehens unseres Hörsaalkinos statt. Gespielt wurden von der Mittelsächsischen Philharmonie unter der Leitung von José Luis Gutiérrez Musiken aus Star Wars, Star Trek, 2001 - Odyssee im Weltraum, James Bond, Harry Potter, Die Legende von Paul und Paula und Brasil, aber auch die Ouvertüre aus der Oper „Elverhoj“, die als Untermalung im Film „Die Olsenbande sieht rot“ beim Einbruch in

die dänische Staatsoper diente. Es war ein grandioser Abend und zeitgleich die erste größere Kulturveranstaltung auf dem Campus nach dem zweiten Coronawinter.

Da immer wieder Fragen zum Hörsaal-Kino gestellt werden, sollen an dieser Stelle die zehn häufigsten von ihnen beantwortet werden:

### 1. Ist das Hörsaal-Kino wirklich 70 Jahre alt?

Darauf muss man mit einem „Vielleicht!“ antworten. An der Bergakademie wurde 1951 eine Hochschulbildstelle gegründet. Damit waren die Voraussetzungen geschaffen, um Kino vorzuführen. Der erste nachgewiesene Film

stammt aus dem Dezember 1953, wie aus einer Meldung der „Zeitschrift der Bergakademie“ hervorgeht. Und warum gibt es von vorher keine Nachweise? Weil das die erste Ausgabe der Zeitschrift war. Irgendwann zwischen 1951 und 1953 wurde also mit dem Kino begonnen. Und solange die Aktenlage nichts Genaueres ergibt, behaupten wir: Der erste Kinofilm auf dem Campus wurde irgendwann im Jahr 1952 gezeigt. Es wird zwar hin und wieder davon gesprochen, dass als erster Film „Die Csardasfürstin“ gezeigt wurde, aber das ist nicht nachweisbar.





## 2. Sind wir in Freiberg das älteste noch betriebene Hochschulkino?

Das ist Auslegungssache. Es gibt viele Hochschulkinos, die in den fünfziger Jahren entstanden, meist jedoch nach 1952. In Frankfurt am Main lief der erste Film am 17.12.1951 vor 2.000 Zuschauern, dann war aber einige Zeit Ruhe. Richtig begonnen wurde dort mit Filmvorführungen erst 1953.



## 3. Wo wurden die Filme in Freiberg gezeigt?

Der Vorführtort wechselte im Laufe der Jahrzehnte. Die ersten Filmvorführungen fanden im „Ernst-Thälmann-Heim“ statt. Das war zuerst eine Kaserne, dann ein Wohnheim der Bergakademie und jetzt bietet ein Privatunternehmer hier Wohnquartiere an. Gespielt wurde dienstags und donnerstags dreimal hintereinander derselbe Film. Im Januar 1953 zum Beispiel „Karriere in Paris“.

Im Jahr 1954 wurde das Audimax

an der Winklerstraße in Betrieb genommen. Ausgestattet mit modernster Kinotechnik wurden nun dreimal wöchentlich Filme auf dem Campus gezeigt: Dienstags im Ernst-Thälmann-Heim sowie am Mittwoch und Freitag im Hörsaal für Gesellschaftswissenschaften.

Irgendwann wurden die Vorführungen im „Ernst-Thälmann-Heim“ eingestellt und nur noch im Hörsaal geflimmt. Zusätzlich wurde aber auch noch unregelmäßig mit mobilen Kinoapparaten Filme gezeigt, z. B. in der Aula in der Lessingstraße oder im Kinderferienlager (auf die Vorführung von wissenschaftlichen Filmen im Rahmen der Ausbildung der Studenten wird an dieser Stelle nicht eingegangen).

## 4. Ging das in diesem Hörsaal ununterbrochen weiter bis heute?

Nein. In der Nacht vom 20.08.1971 um 2 Uhr stürzte das Dach des Großen Hörsaals ein. Als Interimslösung wurde zwei Jahre lang Kino im Saal der „Alten Mensa“ gezeigt. Aber wie so oft hatte auch diese Katastrophe etwas

Positives: Mit dem Wiederaufbau des Saals wurde die Bühnenseite verändert. Dadurch konnte eine größere Leinwand eingebaut werden und nun war es auch möglich, Filme in Totalvision zu zeigen. Die Wiedereröffnung des Hörsaals war am 08.11.1974. Gezeigt wurde aus diesem Anlass der Film „Heißer Schnee“, ein russischer Militärklassiker über die Schlacht von Stalingrad.

## 5. Mit welcher Kinotechnik wird gearbeitet?

Bis vor 8 Jahren wurde der Hörsaal wie jedes andere Kino auch mit 35 mm-Filmkopien beliefert. Am Tag nach der Vorführung wurden die Filmrollen dann wieder abgeholt. Ende der 2000er Jahre stellte man in Deutschland jedoch die Produktion von Filmkopien ein. Filme seit diesem Erscheinungsjahr können nur mit dcp-Technik, einem aufwendigen Computersystem, oder als DVD oder Blu-ray abgespielt werden. Da wir uns die teure dcp-Technik nicht



leisten wollen, spielen wir also bluray-Disks ab. Die Projektionsmaschinen sind aber weiterhin einsatzbereit. Einmal pro Semester wird zum Montagskino noch ein 35 mm-Streifen gezeigt, meist ein James Bond Film. Damit halten wir die Projektoren „am Leben“. Die dafür notwendigen Kopien werden meist vom Deutschen Filmmuseum Frankfurt/Main ausgeliehen.

## 6. Wie viele Filmmeter sind bisher gezeigt worden?

Genau kann man das nicht beifassen. Wenn man bedenkt, dass 60 Sekunden in etwa 27,4 m Filmmaterial entsprechen, kommen wir bei unserer Hochrechnung auf mehr als 6 Mio. Filmmeter. Da jedoch die Nachweise der Filmaufführungen besonders in den 70er Jahren sehr dürftig sind, ist diese Angabe in etwa so genau wie der Entstehungszeitpunkt der Braunkohle in Sachsen.

## 7. Wer bezahlt das alles?

Die AG Kino ist eine Gemeinschaftsaktion von Universität, Studentenwerk und Studierenden. Die Universität stellt Raum und Technik zur Verfügung, das Studentenwerk kümmert sich um die Filmrechte und die Bezahlung der Rechnungen und die Studierenden betreuen die Kinoabende vor Ort. Auf die Universität war diesbezüglich immer Verlass. Als Mitte der 2000er Jahre die Filmkopien mit einem billigeren Herstellungsverfahren produziert wurden, hatte das optische Abtastsystem der Projektoren damit ein Problem. Plötzlich klang der Filmton wie aus dem Kurzwellenradio. Die Universität finanzierte kurzerhand die Umstellung des Abtastsystems, sonst hätte es ab diesem Zeitpunkt kein Hörsaalkino mehr gegeben.

## 8. Und wer führt die Filme vor?

Bei 35 mm-Kopien konnte das na-

türlich nur geschultes Personal, das in den Anfangsjahrzehnten ausschließlich vom Medienzentrum gestellt wurde. Das waren die Herren Hartwig Kreher, Wolfgang Paul und Bernd Richter. Seit den achtziger Jahren führt Herr Schellbach in seiner Freizeit die Filme vor, seit vielen Jahren nun gemeinsam mit Ronald Otto.

### 9. Wann war die verrückteste Kino-veranstaltung?

Am 10.11.1990. Der Hochschulforschung zeigte erstmalig die „Rocky Horror Picture Show“. Da die Verleihfirma damals ihre Kopien nicht in den „wilden Osten“ herausgeben wollte, weil angeblich die Vorführmaschinen in zu



schlechtem Zustand seien, lieh für uns ein Kinofreund in Wiesbaden den Film aus, setzte sich ins Auto und brachte die Filmrollen nach Freiberg, nur um sie am nächsten Tag wieder zurückzubringen. Die Filmvorführung war ein voller Erfolg. Da bei diesem Film das Publikum mitspielt und Reis, Papier-schlangen, Toilettenpapier und Zeitungen umherwirft, dauerte es zwei Tage, bis der Hörsaal wieder so aussah wie vor der Filmvorführung.

### 10. Ist das Hörsaalkino eine Konkurrenz zum Freiberger „Kinopolis“?

Nein, das war es nie und soll es auch gar nicht sein, ganz im Gegenteil: In der Zeit, als noch 35 mm-Kopien gezeigt wurden, kam es oft vor, dass diese Filmkisten im „Kinopolis“ angeliefert wurden, wo wir sie dann abholten und dahin für den Rücktransport auch wieder zurückbrachten. Thomas Erler, der Betriebsleiter des „Kinopolis“ steht uns seit jeher mit Rat und Tat zur Seite. Seinen Beziehungen und seiner Fürsprache ist es zum Beispiel zu verdanken, dass wir als kleines Studentenkino vor einigen Jahren die Erlaubnis bekamen, eine „Sneak Preview“ zu zeigen, also einen Film vorzuführen, bevor er offiziell



Premiere hatte. Das war der Film „The Bang Bang Club“ aus dem Jahr 2010. An dieser Stelle ein herzliches Danke-schön also an das „Kinopolis“ für die tolle Jahrzehntelange Zusammenarbeit, aber auch an alle Filmvorführer, Kartenveteräne, Filmbesteller und Organisatoren, die beigetragen haben, dass wir seit 70 Jahren (und hoffentlich noch viele weitere Jahrzehnte) in Freiberg ein Hörsaalkino betreiben können.

## Neuigkeiten zum Bestand der ehemaligen VDEh-Bibliothek

Stefanie Nagel



Abb. 1: links: der fünfbandige japanische Bildband *Nihon sankai meibutsu zue* (1797), hergestellt durch Blockdruck (Holzschnitt); rechts: die japanische Kopie des dreibändigen chinesischen Werks *Tiangong kaiwu* (19. Jh.), Handzeichnung mit Pinsel

Im Acamonta-Beitrag „Die Rettung einer Spezialbibliothek“ (2020) wurde bereits ausführlich von der Übernahme der ehemaligen Bibliothek des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (Stahlinstitut VDEh) durch die Universitätsbibliothek Freiberg berichtet. Seither stand neben der Sichtung des Bestands im Interimslager

vor allem die Einarbeitung der wertvollen historischen Drucke aus dem Tresor der VDEh-Bibliothek im Fokus, von denen auch bereits einige Exemplare restauriert werden konnten. Im Sinne von Open Science ist der Universitätsbibliothek Freiberg zudem der freie Zugang zu den teilweise einzigartigen Dokumenten ein großes Anliegen, weshalb 2021 und 2022 auch erste Digitalisierungsprojekte realisiert wurden.

### Ein Unikat bereichert den wissenschaftlichen Altbestand der UB Freiberg

Für die Bewertung der übernommenen historischen Werke spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Neben Alter, Erhaltungszustand und heutigem Bekanntheitsgrad des Verfassers ist vor allem die Seltenheit eines Buches von entscheidender Bedeutung, die einerseits auf der ursprünglichen Anzahl der gedruckten Exemplare (Auflage), andererseits auf der

aktuellen Verfügbarkeit auf dem Buchmarkt beruht. Nicht zuletzt ist die Provenienzgeschichte von Interesse. Berühmte Vorbesitzer, die sich durch Stempel, Exlibris oder durch handschriftliche Kommentare verewigt haben, können den Wert eines alten Buchs steigern.

Zwei außergewöhnliche ostasiatische Schriften aus der Frühen Neuzeit erregten bei der Sichtung der VDEh-Altbestände besondere Aufmerksamkeit (Abb. 1). Es handelt sich um das dreibändige chinesische Werk *Tiangong kaiwu* von Song Yingxing (1587-1666) und den fünfbandigen japanischen Bildband *Nihon sankai meibutsu zue* von Tessai Hirase (tätig 1748-1780). Da von letzterem sowohl Titelblatt als auch die letzte Seite mit einer Art Impres-

### Kontakt

Universitätsbibliothek „Georgius Agricola“  
Agricolastraße 10, 09599 Freiberg  
stefanie.nagel@ub.tu-freiberg.de



Abb. 2: Mikroskopaufnahmen oben) Blockdruck (Holzschnitt): Schriftzeichen aus dem *Nihon sankai meibutsu zue* bei dem sich die Druckfarbe in für das Druckverfahren typischer Weise an den Linienrändern sammelt; unten) Pinselstrich (Handzeichnung): Schriftzeichen mit gleichmäßigem Farbauftrag aus dem *Tiangong kaiwu*; Foto: Stefanie Nagel (UB Freiberg)

sum erhalten sind, konnte es problemlos als die zweite Ausgabe des berühmten japanischen Werks von 1797 identifiziert werden, die zu den Raritäten gehört. Der „Illustrierter Führer zu den berühmten Produkten der Berge und Meere Japans“ (so die Übersetzung des Titels) ist eine der wichtigsten Quellen zur Wirtschafts- und Industriegeschichte Japans für die Edo-Zeit (1600-1868). Der erste Band widmet sich vollständig dem Bergbau und der Metallurgie.

Das chinesische Werk hingegen gab lange Zeit Rätsel auf. Das Titelblatt ist leider verloren gegangen. Zudem stimmten weder die Schriftzeichen noch die Illustrationen mit einer der bekannten Ausgaben überein. Es wurde auch nicht im üblichen Blockdruck (Holzschnittverfahren) hergestellt, wie das Fehlen der für diese Technik typischen Rahmen (vgl. Abb. 1) und die Farbverteilung in der Vergrößerung unter dem Mikroskop zeigten (Abb. 2). Um dem Rätsel auf die Spur zu kommen, traten wir mit unseren Recherche- und Untersuchungsergebnissen an Hans-Ulrich Vogel, Professor für Chinesische Geschichte und Gesellschaft an der Universität Tübingen,<sup>1</sup> heran. Das Ergebnis seiner Analyse war überraschend: Es handelt sich um eine

<sup>1</sup> Prof. Hans-Ulrich Vogel und seiner Mitarbeiterin, Frau Dr. Cao Jin, sei an dieser Stelle für Ihre Unterstützung ganz herzlich gedankt!

handgeschriebene bzw. gezeichnete japanische Kopie der zweiten gedruckten Ausgabe des *Tiangong kaiwu*, die zwischen 1650-1680 erschien. Sie enthielt sowohl verbesserte Holzschnittillustrationen als auch Korrekturen von mehr als 400 Zeichen gegenüber der Erstausgabe von 1637. In Japan war das chinesische Werk in der Vergangenheit ebenfalls berühmt, wurde von japanischen Verlagen in verschiedenen Auflagen veröffentlicht und gilt als Inspiration für das *Nihon sankai meibutsu zue*. Mit nur drei weltweit erhaltenen Exemplaren gilt die gedruckte zweite Ausgabe als ausgesprochene Rarität. In der handschriftlichen Kopie aus dem VDEh-Bestand sind die Zeichen teilweise „japanisiert“. Es handelt sich um eine sogenannte Kanbun-Lesung mit Kutoten (Interpunktionszeichen), die erst im 19. Jahrhundert (Meiji-Zeit) populär wurde, sodass davon auszugehen ist, dass unser Exemplar in dieser Zeit entstand. Derzeit sind nur noch drei weitere handschriftliche Kopien der zweiten gedruckten Ausgabe bekannt, die sich ausnahmslos im Besitz japanischer Institutionen befinden. Obwohl nicht ganz so alt wie erhofft, handelt es sich bei unserem Exemplar um ein wertvolles Unikat, das nun den Altbestand der UB Freiberg bereichert. Alle drei Bände sind zudem mit dem Eigentumsstempel des bedeutenden japanischen Sammlers Seki Yasunosuke (1868-1945) versehen.

Diese ersten Ergebnisse konnten bereits auf dem 72. BHT-Freiberger Universitätsforum (2021) im Rahmen des Akita-Freiberg-Fachkolloquium „160 Jahre Freundschaft Deutschland - Japan“ vorgestellt werden. Die Erforschung der Handschrift ist allerdings noch nicht abgeschlossen, denn die Restaurierung der Bände hält eine weitere Überraschung bereit.

### Restaurierung und Digitalisierung der ostasiatischen Schriften

Zum Zeitpunkt der Übernahme waren viele wertvolle Schriften aus dem VDEh-Altbestand stark restaurierungsbedürftig, darunter auch die beiden ostasiatischen Werke. Zur Realisierung der notwendigen Restaurierungs- und Bestandserhaltungsmaßnahmen hat die UB Freiberg Anfang 2022 ein Spendenkonto für den VDEh-Spezialbestand eingerichtet. Dank der Vermittlungsarbeit von Frau Prof. Olena Volkova (Institut für Eisen- und Stahltechnologie) haben sich bereits erste Spender gefunden – namentlich die ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH und die Schmiedewerke Gröditz GmbH – durch deren finanzielle Unterstützung die zwei ostasiatischen Schriften im Sommer 2022 restauriert werden konnten.

Neben der Trockenreinigung war vor allem eine anspruchsvolle Einbandrestaurierung bei beiden Werken notwendig. Die Bindung war bei allen Bänden stark beschädigt und wurde nach dem Vorbild der Originalheftung erneuert (Abb. 3). Die Vorsatzblätter, die sich bei den meisten Heften zum Großteil abgelöst hatten, wurden gefestigt. Zudem wurden Risse in den Heftumschlägen geschlossen, Besto-



Abb. 3: oben) Neuheftung (außen) des *Tiangong kaiwu* gemäß des Originals; unten) Neuheftung (innen) des *Nihon sankai meibutsu zue*; Foto: Paperminz Bestandserhaltung GmbH (Leipzig)

bungen farblich retuschiert und die durch Wurmfraßspuren in den Einbänden und Buchblöcken entstandenen Fehlstellen ergänzt und die Seiten damit auch stabilisiert (Abb. 4).

Die Restaurierung der drei Bände des *Tiangong kaiwu* offenbarte zudem im Vorsatzblatt und in einem Heftumschlag verborgene Schriftzeichen, deren Bedeutung es nun noch zu entschlüsseln gilt.

Im Zuge der Restaurierungsmaßnahmen wurden beide Werke zudem digitalisiert und sollen demnächst open access zur Verfügung gestellt werden.

### Historische Werbung und Zeichnungen von Hochofenanlagen

Über das *Landesdigitalisierungsprogramm für Wissenschaft und Kultur des Freistaates Sachsen (LDP)* konnten 2021-2022 außerdem zwei weitere Digitalisierungsprojekte realisiert werden. Zum



Abb. 4: (oben) Ergänzung und Stabilisierung der Wurmfraßlöcher im Einband des *Tiangong kaiwu*; (unten) mehrere Wurmfraßlöcher im Einband des *Tiangong kaiwu* vor und nach der Restaurierung; Foto: Paperminz Bestandserhaltung GmbH (Leipzig)

einen wurden die ersten 30 Jahrgänge (1881-1910) der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ digitalisiert. Als Grundlage dafür dienten nicht die in zahlreichen Bibliotheken vorhandenen gebundenen Jahrgangsbände, sondern die im VDEh-Bestand erhaltenen Einzelhefte. Diese besitzen nicht nur noch die originalen Heftumschläge, sondern auch die Anzeigenteile, die seit der zweiwöchentlichen Erscheinungsweise (1892) etwa die Hälfte bis Zweidrittel

des gesamten Heftumfangs einnahmen. Bei der Jahrgangsbinding geht beides üblicherweise verloren, da der Fokus von Bibliotheken auf den Fachartikeln liegt bzw. die vom Verlag August Bagel eigens für die Zeitschrift hergestellten Einbanddecken mit Goldprägung auch nur für den Umfang der Artikelsektion eines (Halb-) Jahrs ausgelegt waren. Aus historischer Sicht ist Werbung allerdings eine bedeutende Quelle zur Alltags- und Mentalitätsgeschichte. Das Anzeigengeschäft bildete zudem über Jahrzehnte das finanzielle Rückgrat der gesamten VDEh-Vereinsarbeit. Hinzu kamen meist aufwendig gestaltete Werbeprospekte, die jedem Heft in unterschiedlicher Anzahl lose beilagen (Abb. 5). Insbesondere die Überlieferung eines großen Teils dieser losen Prospektbeilagen ist eine absolute Seltenheit, da diese damals wie heute oft schon unmittelbar nach dem Kauf der Zeitschrift im Papierkorb landeten.<sup>2</sup> Die im VDEh-Bestand überlieferten Prospekte wurden ebenfalls digitalisiert und können zusammen mit den entsprechenden Ausgaben der „Stahl und Eisen“ über die Plattform *sachsen.digital*<sup>3</sup> abgerufen werden. Für die bessere Auffindbarkeit und gezielte Recherche

2 Ausführlich dazu: S. Nagel, „Wer Anzeigen nicht liest, rastet und rostet!“ Anzeigen- und Prospektwerbung – ein historischer Schatz aus der ehemaligen VDEh-Bibliothek, in: *Stahl. Heft 1-2 (2022)*, S. 70-73.

3 <https://sachsen.digital/sammlungen/bibliothek-des-vereins-deutscher-eisenhuettenleute-vdeh>



Abb. 5: Zusammenstellung verschiedener loser Werbebeilagen der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ aus dem 19. Jh.; Foto: Steffi Linke (UB Freiberg)

werden sie zusätzlich nach und nach in der Bilddatenbank der TU Bergakademie Freiberg „TUBAFmedia“<sup>4</sup> mit entsprechenden Metadaten erschlossen und für den Einzelbild-Download in hoher Auflösung bereitgestellt.

Beim zweiten Digitalisierungsprojekt, das über das LDP realisiert wurde, handelt es sich um einzigartige großformatige Pläne und Zeichnungen von verschiedenen Hochofenanlagen des ausgehenden 19. Jhs. Die Sammlung von „Carl Goedekes Entwürfe[n] von Hochofenanlagen“ umfasst insgesamt über 800 Blatt. Der Ingenieur und Bergrat Carl Goedcke (1839-1909) war Mitbegründer des Vereins deutscher Eisenhüttenleute und galt seinerzeit als Experte auf dem Gebiet des Hochofenwesens. Auch diese Digitalisate werden über die Plattform *sachsen.digital open access* zur Verfügung gestellt.<sup>5</sup>

4 <https://mediathek.tu-freiberg.de/UB/Werbung>

5 Siehe Fußnote 3.

## Sport und die Gesundheitsförderung an der TU Freiberg im Jahr 2022

Von der strukturellen Notwendigkeit über die inhaltlichen Akzente bis hin zum personellen Wandel

Jochen Lessau

Wir schreiben den Hochschulsommer des Jahres 2022. Der erste Sommer ohne besonders einschränkende Corona-Maßnahmen. Vor gut vier bis fünf Jahren erkannte Bernd Eulitz, Leiter des Unisportzentrums, spezielle inhaltliche Entwicklungen an anderen Hochschulstandorten. Die präventive Gesundheitsförderung für Beschäftigte wird immer wichtiger und bedarf zunehmend qualifizierter Handlungskompetenzen unmittelbar an den Universitäten selbst. Ergänzend dazu entwickeln Studierende andere, häufig weniger sportive, mehr fitness-, erleb-

nis- und wie man neudeutsch so sagt *feelgood* und *wellbeing* Bedürfnisse. In diesem aufstrebenden Handlungsfeld werden neben den primär physisch-orientierten Angeboten des Unisports auch psycho-soziale Maßnahmen gefordert und intensiv in Anspruch genommen. Diese Tendenzen und im Bewusstsein um die Bereitschaft der Techniker Krankenkasse (TK), die bislang eher loser Partnerschaft für einzelne gesundheitsorientierte Maßnahmen an der TU Freiberg auf konzeptionell ganzheitliche Füße zu stellen, erkannte Bernd Eulitz als verheißungsvolle Chance.

Eine zukunftsträchtige Initiative wurde geboren, die das Handlungsfeld des Hochschulsports, dessen Angebotsbreite und inhaltliche Zuständigkeit dem perspektivischen Bedarf für Sport- und Gesundheitsförderung gerecht werden sollte.

Das Gesundheitsmanagement an der TU Freiberg wurde Mitte 2019 aus der Arbeitskreis- in eine professionell-konzeptionelle Projektphase überführt. Insbesondere das finanzielle Volumen dieser vorerst auf drei Jahre festgeschriebenen Projektkooperation mit der Techniker Krankenkasse TK ermöglichte

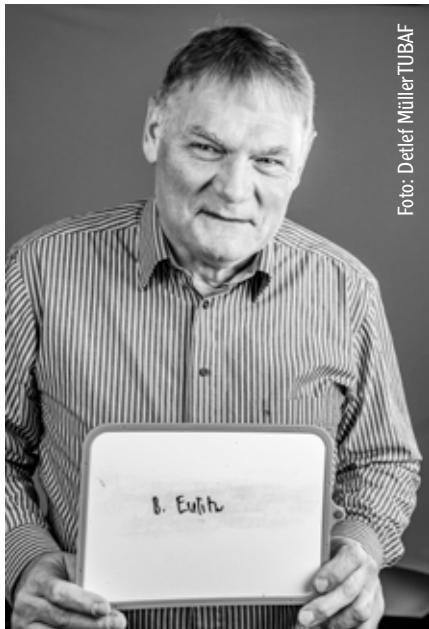


Abb. 1: Bernd Eulitz

te die Schaffung einer personellen Ressource, eine systematische Bedarfsanalyse sowie die Organisation und Umsetzung vielseitiger Maßnahmen. Mit dem Ziel der Implementierung eines universitären Gesundheitsmanagements für Beschäftigte und Studierende gleichermaßen, wurde mit Jochen Lessau (selbst Dipl.-Sportwissenschaftler) eine explizite Position eines Gesundheitsmanagers geschaffen. Die Gewinnung von Entscheidungsträgern und Meinungsführern zur Mitwirkung in Arbeitskreisen, der Ausbau von Regelangeboten zur Gesundheitsförderung wie Yoga, Pilates oder Rückenschule sowie die Erhöhung der Sichtbarkeit von präventivem Gesundheitsbewusstsein, beispielsweise in Art und Weise von Gesundheitstagen, sollten dann auf dem operativen ToDo-Plan der ersten zwei Projektjahre stehen.

Just in der Vorbereitung der so wichtigen Status-Quo-Bedarfsanalyse kam plötzlich Vieles ganz anders und die Coronapandemie sorgte ab Anfang 2020 dafür, dass unser Gesundheitsmanagement keinem konkreten Plan folgen konnte, sondern vielmehr intuitiv, kreativ und ständig neu gedacht werden musste.

### Status Quo und inhaltliche Akzente

Der spürbare Wandel der Bedürfnisse, sowohl in der Belegschaft als auch unter den Studierenden fordert kreative und populäre Maßnahmen – nicht nur im Angebotsportfolio des Unisportzentrums. Einhergehend mit der Im-

plementierung eines qualifizierten Gesundheitsmanagements war es ein wesentlicher strategischer Schachzug, diese neue Einrichtung organisatorisch an das Unisportzentrum anzugliedern. Sowohl infrastrukturell, konzeptuell und vor allem personell konnten die Synergien der engen Verflechtung von Gesundheits- und Sportförderung von Beginn an fruchten. Gemeinsam blieben der erfahrene und gut vernetzte Igel und der innovative Hase trotz pandemisch begründeter Einschränkungen handlungsfähig, wirksam und so im Bewusstsein der akademischen Zielgruppen.

Bereits vor Beginn der pandemischen Situation waren diverse Entwicklungen erkennbar. Deutlich abgeschwächte Vereinsbindungen und nur noch oberflächliche sportartenspezifische Vorprägungen unter den Studierenden führen im Ergebnis nicht zwingend zu weniger Bewegungsmotivation aber messbar und spürbar zu einer Verschiebung der Angebotsnachfrage. Während sich die populären Mannschaftssportarten wie Fußball und Volleyball quantitativ weiterhin einer erträglichen Nachfrage erfreuen dürfen, sinkt aber deren qualitativer Anspruch. Dies äußert sich deutlich im reduzierten Teilnahmehinte-

Vereine regelmäßig und damit qualitativ anspruchsvoll vermittelt werden. Sportarten wie Handball, Basketball, sämtliche leichtathletischen Disziplinen können qua geringer Nachfrage als Unisportangebot nur noch schwer aufrechterhalten werden. Darüber hinaus trägt die Internationalisierung an der TU Freiberg, mit Stand heute mehr als 42 % internationalen Studierenden, zu gleichfalls veränderten Bedürfnissen bei. Sportartenbezogene Anfänger- und Nichtschwimmerkurse sind die mit Abstand belegungsstärksten Unisportkurse geworden, gefolgt vom geselligen Wandern, um die Umgebung kennenzulernen. Während in den vergangenen Dekaden die Kursleiteraufgaben zumeist im Üben, Trainieren und im Verbessern lagen, gilt der Fokus heute dem Erlernen, dem Animieren und dem Spaßhaben.

Diese auch an anderen Hochschulen erkennbare Ambitionenverschiebung ließ sich besonders gut im Sommer 2022 erkennen. Die pandemischen Restriktionen waren weitestgehend gelockert und die jährlich regulär stattfindende Unisportolympiade stand im Juni auf dem Plan. Bereits vor Pandemiebeginn war festzustellen, dass das Teilnehmerfeld der originären Sportartenturniere



Abb. 2: Tandem am Unisport - Bernd Eulitz USZ & Jochen Lessau UGM | Unisportolympiade 06/2021

resse oder im Ergebnisbild landesweiter Vergleiche. Wesentlich drastischer hingegen sind die Auswirkungen für konservativ-olympische, also auch technisch anspruchsvollere Sportarten, die ein gewisses Fähigkeitsspektrum voraussetzen oder meist nur über

spürbar schrumpfte. Unter anderem aus diesem Grund wurde das Portfolio dieser ansonsten einwöchigen Turnierwoche um eine geselligkeits-, team- und sportorientierte Teamchallenge erweitert. Umrahmt von regionaler Grillkost, Freiberger Bier und Live-DJ-Musik stan-



Foto: AGTUBAF

Abb. 3: Bernd Eulitz Bildmitte | Unisportolympiade 06/2022, Ausscheidungswettkampf um Platz 2

den 10 bis 12 spaßige, aber dennoch fordernde, ausschließlich von Gruppen zu bewältigende Miniwettkämpfe, auf dem Programm. Diese Veranstaltung sprengte förmlich alle Erwartungen und bisherigen Teilnehmerzahlen sowieso. Eine Veranstaltung, die einen eher erlebnisorientierten Sport als verbindendes Element adressiert, aber letztendlich den Geselligkeits- und spaßigen Cometogther-Gedanken im Fokus hat, zeigt deutlich die sich verändernde Motivation und Ambition: Für die Macher im Unisportzentrum ein erfolgversprechender und sehr wichtiger Hinweis zur perspektivischen Gestaltung von Sportveranstaltungen.

Ein weiteres Phänomen verdeutlicht das Zusammenfließen von sportiven Angeboten und präventiver Gesundheitsförderung. Denn auch die Fitnesswelle rollt sich seit einigen Jahren über unserer Einrichtung aus. Und mit ihr spielen positiv körpernde und haltungsorientierte Kursangebote genauso eine große Rolle wie Cardiofitness und Kraftsport. Der individuelle Fokus richtet sich intensiv auf die eigenen körperlichen Zuckerseiten, auf Problemzonen und auf alltagsbedingte Fehlhaltungen. Der Unisport ist zum wichtigsten Element der studentischen Gesundheitsförderung geworden. Auch aus diesem Grund war es logisch und folgerichtig, das universitäre Gesundheitsmanagement am Bereich des Unisportzentrums anzudocken. Ein struktureller Vorteil, der sich insbesondere im Frühjahr 2020 sehr deutlich zeigen sollte.

Als mit dem Beginn der Coronapandemie für die meisten Sporteinrichtungen das rasche operative Aus unvermeidlich war, traf dies zwar auch den Hochschulsport der TU Freiberg – aber dennoch blieb das Sport- und Gesundheitsteam handlungsfähig und sichtbar. Durch die enge Verzahnung von USZ und UGM konnten binnen kurzer Zeit digitale Alternativangebote geschaffen werden. In pragmatischer Eigeninitiativ-

ve, unterstützt durch die TK, entwickelte sich das analoge Unisportzentrum zum digitalen Sportstudio. Kameras, Licht und Mikrofone wurden angeschafft. Videobearbeitungsskills wurden intuitiv antrainiert und ruckzuck streamte das Unisportzentrum tägliche Live-Sportkurse über Zoom und YouTube. Yoga, Pilates, Rückenschule, Zumba und einiges mehr konnten nun ganz bequem von daheim aus mitgeübt werden. Schon bald ermöglichte die hervorragende Netzwerkarbeit des Unisports der TU Freiberg mit den anderen sächsischen Hochschulsporteinrichtungen über den sächs. Hochschulsportverband (LHS) die Verfügbarkeit dutzender, qualitativ hochwertiger und inhaltlich variabler Kursangebote im Onlineformat – kostenlos!

Mit der FITTE15<sup>1</sup> wurde gemeinsam mit dem Lady Center Freiberg ein tägliches Bewegte-Pause-Format speziell für die Studierenden und Beschäftigten unserer Einrichtung kreiert. Clou dieses aktiven akademischen Viertels (15') war es, sowohl die Vielseitigkeit der universitären Einrichtungen als auch die dort handelnden und prägenden Personen einzubeziehen und so de facto unsere Hochschule vorzustellen. So fanden Rücken-

übungen unter Tage, Kräftigungen in der Terra Mineralia mit dem Kustos Andreas Massanek, Balanceübungen im Hörsaal oder Übungen mit dem Stuhl in der Bibliothek mit deren Leiterin, Susanne Kandler, statt. Die FITTE15 wurde zu einem Freiberger Erfolgsmodell und kann noch heute als aktive Lehrpause im Hörsaal zur geistigen und körperlichen Zwischenlockerung eingesetzt werden.

„Dank“ der Aktivitätsflaute während der Pandemie wurden wichtige Maßnahmen konzipiert und umgesetzt, welche die pandemiebegründeten und allseits

<sup>1</sup> FITTE15 Verweis: Youtube Playlist: <https://tu-freiberg.de/gesundheitsmanagement/fitte15-bewegte-pause>

spürbaren psychischen Belastungen der Studierenden und Beschäftigten aufgriffen und diese durch Angebote zur mentalen Gesundheitsförderung beseitigen halfen. Trotz der enormen Einschränkungen, die die bisher etwa zwei Jahre andauernde Coronapandemie mit sich brachte, blieb das Unisportzentrum stets wirkungsvoll und konnte gemeinsam mit den Möglichkeiten des Gesundheitsmanagements wertstiftend agieren und sichtbar bleiben.

### Perspektive und personeller Wandel

Es ist Mitte 2022. Die strikten Einschränkungen aufgrund der Coronapandemie sind spürbar gelockert. Die über zweijährige Phase des kreativen Aktionismus und der überwiegenden Improvisation ist beendet. Gewohnte Abläufe ermöglichen reguläre Angebote und planbare Maßnahmen – das Unisportzentrum ist zurück in der Normalität.



Foto: Carsten Zeiss 1984

Abb. 4: Bernd Eulitz zu Beginn seiner Tätigkeit an der TUBAF, Trainer Hochschulauswahl vorne re.

Für das UGM hingegen endet gegen Ende Mai die dreijährige Projektphase, gekennzeichnet durch diverse kreative Maßnahmen – ohne aber regulär und vollständig wirkungsvoll geworden zu sein. Eine maßnahmenbegründende Bedarfsanalyse konnte allerdings kurz vor dem Projektende noch durchgeführt werden. Glücklicherweise sind auf dieser Basis konkrete (Sonder-)Belastungen der Belegschaft erkennbar und somit auch zielgerichtete Rückschlüsse möglich und Maßnahmen entwickelbar. Des Weiteren konnten gemeinsam mit dem Studierendenrat diverse Veranstaltungen durchgeführt werden. Maßnahmen zur Stärkung der psychischen Gesundheit und eben sportive oder

kulturelle Angebote verbanden die gemeinsamen Ambitionen und sorgen für eine deutlich verbesserte Mitwirkung der Studierenden. Ein dritter ganz wesentlicher Erfolgsparameter, der zum Ende dieser Projektphase auf der Habenseite steht, ist die Netzwerkfunktion, die das UGM der TU Freiberg für sich erarbeiten konnte. Gemeinsam mit den Kollegen der anderen sächsischen Hochschulsportheinrichtungen und unter Leitung des TU Gesundheitsmanagers Jochen Lessau wurde im Organisationsverbund der LHS ein Ressort für das Gesundheitsmanagement etabliert, ein Leitpapier zur Gesundheitsförderung verabschiedet, die Gesundheitsförderung als wichtiges Aufgabenfeld einer Universität ins Hochschulfreizeitgesetz hinein formuliert und zum Abschluss eine Qualifizierungsoffensive zur Gesundheitsförderung für alle Hochschulsportübungsleiter entwickelt. Kurzum, das UGM der TU Freiberg wirkt landesweit.

Trotz einer enorm Corona-geprägten und damit sehr eingeschränkt wirkungsvollen Projektphase muss die Implementierung des UGMs an der TU Freiberg unbedingt als Erfolg gewertet werden. Sowohl unsere Einrichtung selbst als auch die Techniker Krankenkasse als langjähriger Gesundheitspartner nahmen die positive interne wie externe Wirkung des UGM zum Anlass, die Projektkooperation um zwei weitere Jahre zu verlängern, die Stellung des Gesundheitsmanagements zu sichern und auch weiterhin für die Ge-

sundheit und Zufriedenheit am Arbeitsplatz einzustehen.

Die weitere Entwicklung von Unisport und UGM wird Bernd Eulitz ab dem 01.10.2022 mit einer verdienten Portion an Zufriedenheit, aber aus der Distanz im Ruhestand, verfolgen dürfen. Nach fast 40 Jahren TU-Mitgliedschaft und prägenden 14 Jahren in federführender Verantwortung als Leiter des Unisportzentrums verlässt „EULE“ mit knapp 66 Jahren (s)eine bei vielen Uniangehörigen beliebte und zukunfts-fähige Bühne. Mit seiner Idee und Initiative zur gesundheitsorientierten Weiterentwicklung des Hochschulsports durch ein unieigenes Gesundheitsmanagement stehen seinem Nachfolger Jochen Lessau, Sekretärin Sandra Herr sowie der für Ende 2022 zu besetzenden Nachfolge-UGM-Stelle optimale Voraussetzungen zur Verfügung.

Die kommenden Jahre werden geprägt sein von einem weiteren Wandel der Ambitionen und Motivationen des Sporttreibens, des Miteinanders und der individuellen Zufriedenheit. Das Unisportzentrum und das Gesundheitsmanagement müssen und werden ihre Verantwortung für die Verbesserung der „weichen“ Standortbedingungen wahrnehmen und damit das Werben um neue Studierende sowie um qualifizierte Beschäftigte unterstützen. Kaum ein anderer Bereich der Universität hat diese kreativen und integrativen Möglichkeiten, die auch emotionale Zufriedenheit am Standort und untereinander so positiv zu beeinflussen.

Eine zweite große Bedeutung wird der Integration und Netzwerksarbeit mit den lokalen Strukturen zukommen. Freiberg als silbern schimmernde Kreisstadt und unsere Universität als hier prägendste Einrichtung müssen und können über ihre wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung hinaus emotionale Werte und langfristige Verbindungen schaffen. Ein Mehr an öffnenden und zusammenbringenden Veranstaltungen, die optimalerweise die lokalen Strukturen der Schulen, Vereine und Unternehmen einbeziehen oder eine Angebotsspektrum, das nicht ausschließlich dem uniinternen Klientel vorbehalten ist, sorgen unmittelbar für lokale Akzeptanz und steigern die Attraktivität als Ausbildungs- und Arbeitsstandort.

Ein dritter, ganz wesentlicher Akzent wird darauf ausgerichtet sein, auf der einen Seite die Wichtigkeit des analogen, originären Sporttreibens durch kreative sowie gesundheits- und geselligkeitsfördernde Maßnahmen bewusst zu machen. Auf der anderen Seite setzen technologische Möglichkeiten und international geprägte Zielgruppen neue Anforderungen und erweitern das Handlungsspektrum. Live-Kurse via Youtube; Smart-Cycling, Rudern oder Joggen live on TV mit Freunden auf der ganzen Welt - via App-Registrierung und Check-In zu sämtlichen Sportstätten; ...das alles multilingual, 24/7 und auf allen verfügbaren Kanälen einer sozial-medialen Welt... ufff!

Wir haben also so Einiges vor!

## Großes Bauen, ganz klein

### Die Modelle des VEB Metalleichtbaukombinats und das SPP-DFG-Projekt „Stahl- und Metalleichtbau in der DDR“

**Helmuth Albrecht, Andreas Benz, Volker Mende**

Im Jahr 1995 übernahm die Kustodie der TU Bergakademie Freiberg den Modellbestand des ehemaligen VEB Metalleichtbaukombinats (MLK).<sup>1</sup> Lange Jahre befanden sich die in großen Holzkisten eingelagerten Modelle fernab aller wis-

senschaftlichen Beachtung in den hinteren Teilen einer Garage des Gebäudekomplexes in der Lessingstraße. Erst im Sommer 2019 konnten sie in das Hauptdepot der Kustodie überführt werden.

Die Sichtung ergab, dass sich die Modelle nicht nur in einem überwiegend guten Zustand befinden, sondern auch großes Potential für interdisziplinäre Forschung besitzen. Als glücklicher Umstand erwies sich, dass nur kurze Zeit später ein DFG-Schwerpunktpro-

gramm (SPP) zum baulichen Erbe der Hochmoderne auf den Weg gebracht wurde, für das nach kooperativen Projektideen gesucht wurde.<sup>2</sup> Gemeinsam mit dem Institut für Stahlbau der TU Braunschweig unter Leitung von Prof. Dr. Klaus Thiele beteiligte sich das Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG)

<sup>1</sup> Weinhold, Ulrich: Abriß des Modellbaus von 1969 bis 1990 für den Industriezweig Stahlbau der DDR, in: Sächsische Landesstelle für Museumswesen (Hrsg.): Technische Modelle als Museumsbestand - Berichte und Erfahrungen, Chemnitz, 1999, S. 33-36.

<sup>2</sup> [https://www.dfg.de/foerderung/info\\_wissenschaft/2019/info\\_wissenschaft\\_19\\_49/index.html](https://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2019/info_wissenschaft_19_49/index.html)



Abb. 1: Transportkisten der MLK-Modelle für den Einsatz auf internationalen Messen

an der Ausschreibung.

Der Antrag mit dem Titel „Rekonstruktion und Analyse der baukonstruktionsgeschichtlichen Entwicklung des Stahl- und Metallleichtbaus in der DDR unter Zuhilfenahme des Modellbestands des Metallleichtbaukombinats“ hatte Erfolg. Als eines von elf Teilprojekten gehört es seit Frühjahr 2021 zum SPP 2255 „Kulturerbe Konstruktion“, koordiniert vom Institut für Bau- und Kunstgeschichte der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus-Senftenberg.<sup>3</sup> Die Bearbeitung erfolgt auf Braunschweiger Seite durch die Wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen Annkathrin Heinrich und Antonia Zöllner, für das IWTG durch Volker Mende.

Im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojekts gilt es, anhand der rund achtzig Modelle die Produktionspalette des Kombinats zu rekonstruieren und zu analysieren. Dabei sind sowohl die historische Entwicklung aus baukonstruktiver Sicht nachzuzeichnen als auch reale, noch existierende MLK-Bauwerke ausfindig zu machen, die den Modellen entsprechen. Ein weiterer Punkt ist die Erforschung der Geschichte der Modelle, die in einer eigens betriebenen Werkstatt am Kombinatsstandort Niesky gefertigt wurden. Sie dienten dem 1969 gegründeten MLK zur Präsentation seiner Leistungsfähigkeit auf internationalen Messen, was inzwischen auch aktenkundig belegt werden kann:

*„Gemeinsam mit dem Außenhandelsbetrieb [LIMEX der DDR] erarbeitet die Hauptabteilung Außenwirtschaft bis zum 31.5. des laufenden Jahres für das Folgejahr den ‚Plan der Werbung und Beteiligung an internationalen Messen‘. Darin ist festzulegen, welche Exponate und Modelle auf den Messen auszustellen sind.“<sup>4</sup>*

Die in der Exportordnung des MLK angewiesenen Arbeitsabläufe fallen im „Handbuch für Kombinats-Organisation“ nicht weiter auf. Als „Vertrauliche Dienstsache“ gestem-



Abb. 3: Präsentation der MLK-Modelle im Depot der Kustodie im Rahmen der Ringvorlesung „Die Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg“ am 2. Juni 2022

pelt, war der Umstand, dass das MLK eigenständig Modelle herstellte, nur wenigen Führungskräften bekannt.

Dagegen stehen viele der ausgeführten Bauten noch heute. Und da die Ge-

4 Handbuch für Kombinats-Organisation (Stand 1.1.1974), Exportordnung, S. 6; Stadtarchiv Niesky, Bestand MLK.



Abb. 2: Schnittansicht des Modells „Rahmenhalle 80“

bäude international vertrieben wurden, besitzt das Projekt eine über das Territorium der ehemaligen DDR hinausgehende Dimension. Hier wird die industriearchäologische Analyse zeigen, ob die Gebäude ebenso weit verstreut zu finden sind wie die Modelle, die auf Messen u.a. in Hannover, Moskau, Alger und Bagdad ausgestellt wurden. Zu klären ist ferner, welche Rolle der Stahl- und Leichtmetallbau der DDR international spielte. Erste Quellenanalysen deuten an, dass man sich beim MLK an Vorbilder in der ČSSR und der VR Ungarn anlehnte.

Im Projekt lag der Schwerpunkt der Arbeiten zunächst auf den in Freiberg vorhandenen Modellen. In einem ersten Schritt wurden sie aus museologischer und stahlbautechnischer Sicht erkundet. Der Gesamtbestand ist nun mehr dokumentiert und bildlich erfasst. Die anschließende Feinbestimmung wird dadurch erschwert, dass keines der Modelle eine originale Beschriftung aufweist, die auf Herstellungsjahr, Ausstellungsort oder den dargestellten Bautyp hinweist. Es konnte allerdings im Rahmen des Projekts eine Systematik angelegt werden, nach der sich die Modelle in folgende Hauptgruppen einteilen lassen: Gewerbehallen, Landwirtschafts- und Gesellschaftsbauten, Mehrzweckgebäude, Raumzellen und Industriestahlgerüste.

Nach einer ersten Grob- reinigung befinden sich fast alle Stücke in einem eigens dafür hergerichteten Raum. Dort werden die weiteren Arbeiten an und mit den Modellen durchgeführt; auch eine Besichtigung durch kleinere Gruppen ist möglich.

Neben Archivrecherchen zur Geschichte des MLK – vom größten und

3 <https://www.kulturerbe-konstruktion.de>

mitarbeiterstärksten Metallbaubetrieb der DDR sind offiziell 48 lfd. Meter Akten erhalten - gehört zu den Aufgaben des vom IWTG betreuten Projektteils auch die industriearchäologische Untersuchung von noch real vorhandenen MLK-Bauten. Allein im Freiberger Industriegebiet an der Halsbrücker Straße ließen sich mehrere Gebäude unterschiedlicher Typen den entsprechenden Modellen zuordnen. Gemeinsam mit den Braunschweiger Partnern und in Kooperation mit dem Eigentümer wird eine dieser Hallen demnächst einer intensiven stahlbaukundlichen Begutachtung unterzogen.

Darüber hinaus fanden an weiteren Standorten in Leipzig, Calbe und Eberswalde Bauwerksdokumentationen statt, die in Zusammenarbeit mit Studierenden der TU Braunschweig erstellt wurden und in mehrere Beleg- und Bachelorarbeiten einflossen.



Abb. 4: Eckverband einer Halle im Industriegebiet Halsbrücker Straße mit Rahmen „Plauen II“

In Niesky wiederum konnte der letzte noch lebende Mitarbeiter der Modellwerkstatt ausfindig gemacht und befragt werden. Dessen Aussagen lieferten wichtige Hinweise über die Struktur der Werkstatt, den Herstellungsprozess und die verwendeten Materialien. Darüber hinaus wurde vor Ort das Kommissionsbuch der Modellwerkstatt gefunden. Aus ihm lassen sich Rückschlüsse auf den Gesamtumfang der gefertigten Modelle, deren Kosten und die Einsatzorte ziehen. Wesentliche Aussage ist hier, dass die Modelle nach ihrem Einsatz auf den Messen in er-

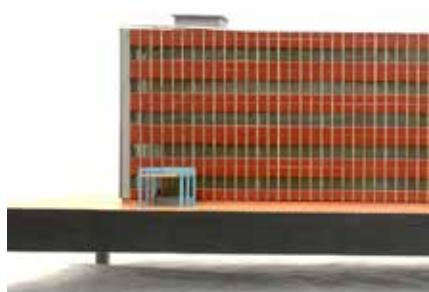


Abb. 5: Gegenüberstellung des Modells Mehrzweckbau „Typ Leipzig“ mit einem Originalgebäude (©TU Bergakademie Freiberg / Kustodie)

heblichem Umfang repariert und auch umgearbeitet worden sind. In Interaktion mit anderen Quellen ergeben sich darüber hinaus auch neue Erkenntnisse bezüglich der chronologischen Herstellungsfolge der Modelle.

Einen weiteren wesentlichen Punkt bildet die Frage, inwiefern die Modelle als reine Werbeobjekte vor der baulichen Realisierung oder aber im Nachgang als Leistungsnachweis einer baulichen Umsetzung gelten können. Letzteres konnte anhand eines Modells für den Kraftwerkblock in Doha-West (Kuwait) nachgewiesen werden.

Über den Standort Niesky hinausgehend gab es eine Reihe weiterer Zeitzeugengespräche mit Persönlichkeiten des ehemaligen MLK. So wurden etwa leitende Ingenieure einzelner Produktlinien, wie des Kühlhaus-Ex-

ports in die Sowjetunion, oder auch Beschäftigte von Zulieferbetrieben befragt, etwa für das zum kolorierten Flachglas des städtebaulich so prägenden 5-Geschossers „Typ Leipzig“.<sup>5</sup>

In den kommenden zwei Jahren gilt es nun, die im ersten Projektjahr eruierten Daten zu systematisieren und zusammenzuführen. Gemeinsam mit dem Braunschweiger Partnerinstitut wird auf dem Tool „MIRO-Board“ interaktiv gearbeitet. Zudem wurde eine vernetzte Datenablage geschaffen. Deren Struktur ist als einfacher Baum angelegt und ermöglicht es, sowohl auf die Rohdaten als auch auf die systematisierten Ergebnisse des jeweiligen Projektabschnitts zurückzugreifen. In Interaktion mit einer Open-Access-Kartierung können alle beteiligten Akteure schon jetzt einzelne Baugruppen des MLK abrufen und deren geografische Lage nachvollziehen. Die Modelle werden im Sinne einer dreidimensionalen Ingenieurskonstruktion dargestellt.

Derzeit wird im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms über die Möglichkeit einer größeren Ausstellung diskutiert, in der die Abschlussergebnisse des gesamten SPP präsentiert werden. Hierbei würden die MLK-Modelle als physische Zeugnisse der Architektur der Hochmoderne eine zentrale Rolle einnehmen. Zugleich käme man so dem Ziel näher, dass der Modellbestand - ähnlich wie die deutlich älteren historischen Bergbaumodelle der Kustodie - als industriegeschichtliches Kulturgut anerkannt und einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

5 Krieg, Florian: Typ Leipzig - Ein Mehrzweckgebäude des VEB Metalleichtbaukombinat, Berlin 2020.



Abb. 6: Die Projektgruppe vor einem Originalbau des MLK in Freiberg, v. l.: Volker Mende, Antonia Zöllner, Klaus Thiele, Andreas Benz, Annkathrin Heinrich

# TMR-Kurs® jetzt Teil der Leitlinie für Grubenrettungswesen

Frank Reuter

Bergbaubetriebe in Deutschland und Österreich müssen gewährleisten, dass bei der Versorgung von medizinischen Notfällen in unter- und übertägigen Gewinnungsbetrieben keinem Versorgungsnachteil im Vergleich zu über Tage entstehen. Um diese Hilfsfristen zukünftig noch besser gewährleisten zu können, wurden auf der 2021 abgehaltenen Tagung des Deutschen Ausschusses für das Grubenrettungswesen beschlossen, die Leitlinien für das Grubenrettungswesen so zu ergänzen, dass nach dem von PD Dr. med. habil. Andreas Fichtner und Dipl. Ing. Frank Reuter erarbeiteten TMR®-Kurs (Tactical

Medical Mining Rescue) ausgebildete Personen im untertägigen Bergbau eingesetzt werden können. Der Ausschuss, bestehend aus Vertretern der Berufsgenossenschaften, Gewerkschaften, zuständigen Ministeriumsvertretern aus allen Bundesländern und aus Österreich, würdigte mit dieser Ergänzung die mehrjährige Arbeit der Entwickler des standardisierten Kurses zur effizienten untertägigen Rettung, welcher erweiterte medizinische Notkompetenzen umfasst.

Mit der Möglichkeit, Personen nach Besuch dieser validierten, DGNA-prämierten und markenrechtlich geschütz-

ten TMR®-Kurses in das Notfallkonzept eines Grubenbetriebs aufzunehmen, sind bereits einige Schulungsanfragen von Bergbaubetrieben entstanden. Nach Absolvierung des Kurses sind die Teilnehmer nachweislich genauso gut in Lage, die speziellen untertägigen medizinischen Notfälle zu versorgen wie der öffentliche Rettungsdienst.

Die TU Bergakademie bietet einen Kurs mit einem Überblick zu Notfällen unter Tage im Studium Generale an und ist bundesweit einziger Zertifizierungskörper dieses Kurses.

Weitere Informationen unter:  
<https://tmr-kurs.com/>



## IN NATURA – IN NEXU – IN ARTES Natur in Verbindung mit Kunst

Andreas Massanek, Andrea Riedel, Michael Gäbelein, Christina Seifert

Eine Ausstellung mit Objekten des Schweizer Künstlers Kuno Stöckli in der terra mineralia

Am 8. April 2022 wurde eine ungewöhnliche Ausstellung mit einer Vernissage im Großen Hörsaal des Dietrich-von-Freiberg-Baus eröffnet. Mit spannenden Kurzvorträgen der Professoren Unland, Breitkreuz und Wegert wurde dieser Hörsaal sozusagen eingeweiht, denn das war – pandemiebedingt – die erste öffentliche Veranstaltung nach Fertigstellung des Gebäudes. Auch der Künstler Dr. Kuno Stöckli, dessen Bilder und Minerale in der Ausstellung zu sehen sind, richtete seine Worte an das Publikum. Er bedankte sich für die Möglichkeit, seine Objekte in Freiberg in der berühmten terra mineralia zu zeigen zu dürfen und erläuterte auch, wie es dazu gekommen ist.

### Eine Sammlung für Freiberg

Die ersten Kontakte nach Freiberg hatte er über seinen Schwager Horst Brezinski, der an der TU Bergakademie als Professor für Internationale Wirtschaftsbeziehungen tätig war und der heute noch im Vorstand des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg aktiv ist. Dieser berichtete Kuno Stöckli auch von der damals im Aufbau befindlichen terra mineralia und weckte dessen Neugierde, so dass der Künstler Stöckli im Oktober 2008 unmittelbar nach deren Eröffnung das Schloss Freudenstein besuchte. Dort war er sofort begeistert, und es folgten weitere Reisen nach Freiberg, auf denen er auch die Ausstellungen im Abraham-Gottlob-Werner-Bau und im Krügerhaus besichtigte. Vor etwa vier Jahren erkundigte er sich über seinen

Schwager, ob die Geowissenschaftlichen Sammlungen eventuell Interesse an seiner Beryllsammlung hätten. Kus- tos Andreas Massanek nahm daraufhin Kontakt zu ihm auf, und während einer Vortragsreise besuchte er 2019 den Künstler in Zürich. Massanek war von der umfangreichen Sammlung ebenso stark beeindruckt wie von den Kunstwerken im Atelier. Damals wurde schon eine Leihgabe von Bildern für die Sonderausstellung „Kunstwerk Alpen“ verabredet; pandemiebedingt war es damals allerdings nicht möglich, die Objekte aus der Schweiz nach Freiberg zu bringen. In einer „Coronapause“ fuhren Prof. Brezinski und Prof. Unland

### Hinweis

Die Bildrechte an sämtlichen Abbildungen – so weit nicht anders gekennzeichnet – liegen beim Medienzentrum der TU BAF.

nach Zürich. Bei dem Besuch wurde die Überführung der Kunstwerke und der Berylle in den Besitz der Stiftung TU Bergakademie Freiberg angedacht. Später, im Juli 2021, wurde die Stiftungsurkunde unterzeichnet und die Objekte wurden nach Freiberg überführt.



Abb. 1: Dr. Kuno Stöckli in seinem Zürcher Atelier.



Abb. 2: Dr. Kuno Stöckli mit Prof. Georg Unland nach der Unterzeichnung der Stifterurkunde im Juli 2021.

### Künstlerischer Werdegang von Dr. Kuno Stöckli

Kuno Stöckli hat keinerlei Erinnerungen daran, dass er sich als Kind schon für das Malen interessiert hätte. Erst während seiner Lehrerausbildung zwischen 1949 und 1954 wurde das Faible für die Kunst und die Mathematik in ihm geweckt. Seinen in den Anfangsjahren gepflegten Malstil schreibt er selbst der informellen Malerei bzw. dem Tachismus zu. Dabei handelt es sich um abstrakte Malerei, die völlig auf geometrische Formen verzichtet. Das sollte sich später grundlegend ändern. Zwischen 1962 und 1967 studierte er an der Hochschule für Kunst in Basel und erhielt das Diplom für das Lehramt in Zeichnen. Danach wurde er Lehrer am Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Gymnasium Basel. Von 1968 bis 1974 studierte er Kunstgeschichte,

Germanistik und Soziologie an der Universität Basel und promovierte zum Thema „Spätromanische Buchmalerei im Scriptorium des Klosters Engelberg um 1200 (Codex 14)“. Von 1971 bis zu seiner Pensionierung im Jahr 1999 arbeitete er als hauptamtlicher Dozent im Fachbereich Bildende Kunst und Didaktik des Zeichnens in der Zürcher Lehrerbildung an der Pädagogischen Hochschule. In dieser Zeit unterrichtete er eine Reihe von Wahl- und Freifächern und gab Abendkurse im Aktzeichnen. Stöckli nahm an zahlreichen Einzel- und Gruppenausstellungen teil, nicht aber an Wettbewerben. Von 1980 bis 1987 war er Präsident der Erziehungsrätslichen Studienkommission für das höhere Lehramt im Zeichnen, Zürich. Bis 1985 nahm er an allen jurierten Kantonalen Basellandschaftlichen Kunstausstellungen erfolgreich teil und wurde 1986 selbst zum Jurypräsidenten ernannt. 1987 begann er eine Ausbildung im Edelsteinschleifen und in der Edelsteinverarbeitung in Verbindung mit Metallen in Idar-Oberstein. Im Anschluss daran richtete er sich selbst eine Schleiferei sowie eine kleine Goldschmiede ein.

Sein wohl wichtigstes Lebensmotto lautet: von und mit der Kunst leben, aber nicht vom Bilderverkauf. Das war und ist für ihn gut möglich, da er als Lehrer Gehalt und später Rente bezogen hat. So verkaufte er nur gelegentlich ein Bild, um sich gutes Material für seine künstlerischen Projekte zu beschaffen und um die Ateliermiete zu bezahlen.

Über seine Art zu malen sagt Stöckli selbst: „Meine Bilder entstehen im aufmerksamen Dialog mit dem, was vor den Augen auf dem Papier geschieht, nicht nach einer fixen Vorstellung. Der Kopf mit seiner Lust am Rationalisieren kann sehr stören. Ich lasse mich gern überraschen vom Unerwarteten. Ich kann nur arbeiten, wenn ‚es‘ malen will und eingreifen... Das ist nicht genau erklärbar. Nach Vorlagen arbeiten will ich nicht, kopieren auch nicht (auch nicht mich selbst). Mein Hauptinstrument ist das Aquarell, weil Wasser ein wunderbares Malmittel ist: es fließt leicht, trocknet berechenbar und stufenweise, Farben können zusammenfließen und überraschende Strukturen und Formen bilden; sie lassen sich auch wieder auflösen: Erosion auf dem Papier... Aquarellfarbe aus der Tube lässt sich (im Gegensatz zur verbreiteten Lehrmeinung)

auch kräftig und deckend auftragen, Wasser bleibt aber so wichtig wie die Farbe. Und WEISS wird nicht gemalt, sondern ausgespart.“



Abb. 3: Das Aquarell „Große Landschaft“ aus dem Jahr 1997 bildet den Auftakt zur Ausstellung. 219 x 108 cm.

### Der Eingangsbereich der Sonderausstellung „IN NATURA – IN NEXU – IN ARTES“

Den Eingangsbereich der Ausstellung dominiert ein 219 x 108 cm messendes Aquarell aus dem Jahr 1997. Der Titel „Große Landschaft“ klingt wenig spektakulär. Doch die imaginäre Berglandschaft aus leuchtenden Farben auf hellem Untergrund ist ein echter Blickfang. Aus der Landschaft sticht ein zentraler Berg in der geometrischen Form eines Dreiecks hervor. Die Spitze des Berges wird von einem in die Tiefe reichenden Obelisken gebildet, der den kristallinen Kern des Gebirges symbolisiert. Die Seiten des Dreiecks werden durch parallele Linien begleitet, die dem Bild eine gewisse Dynamik verleihen. Die Linien kreuzen sich unterhalb der Spitze und lassen dadurch eine Spiegelung entstehen. Die scheinbare Symmetrie bei Betrachtung aus der Ferne verschwindet, je näher man



Abb. 4: Auf dem nach indigenen Rezepten hergestellten Spezialpapier PapelAmate entstand 1977 das Aquarell „Mexico“. 28 x 36 cm.

dem Bild kommt. Das Bild hat auch eine ganz besondere Entstehungsgeschichte. Kuno Stöckli hat es in Zürich begonnen, während einer Reise mit einem Frachtschiff von Genua nach Rio de Janeiro weitergemalt und in den USA beendet. Stöckli hat das Bild für den Transport mehrfach gefaltet, so dass es in einem Koffer verstaut werden konnte. Davon zeugen noch heute bei genauer Betrachtung einige Falze.

### Das Dreieck: Von mexikanischen Pyramiden zu bunten und imaginären Landschaften

Der nächstfolgende Themenraum widmet sich dem Dreieck, denn das künstlerische Schaffen von Kuno Stöckli wurde anfänglich besonders von dieser geometrischen Form beeinflusst. Viele Erscheinungen in der Natur erinnern an diese Grundform - Berge, Hügel, Dünen. Sein Hausberg, der Niesen am Thunersee, der wegen seiner nahezu exakten Dreiecksform auch als Schweizer Pyramide bezeichnet wird, begegnete ihm schon als Kind täglich direkt vor seiner Haustür. Als Stöckli während mehrerer Reisen zwischen 1976 und 1979 die Pyramiden früherer Kulturen im Hochland von Mexiko erlebte, begegnete ihm das Dreieck wieder und es wurde nun auf seinen Bildern lebendig. Linksschräge und rechtsschräge Linien, die sich durchkreuzen, dominieren in dieser Phase seine Bilder. Ähnlich wie der Goldene Schnitt hat das optische Dreieck eine ordnende und harmonisierende Funktion. Das gilt für gleichschenklige und insbesondere für gleichseitige Dreiecke. Dadurch wirken derartige Bilder oft statisch und starr. Kuno Stöckli entwickelte diagonale Strukturen, die das Bild von links und rechts durchziehen und eine einzigartige dynamische Wirkung realisieren. Schon Caspar David Friedrich bediente sich dieser Kompositionssfigur und plante seine Bilder mit Zirkel und Geodreieck. Geometrische Formen gibt es in vielen Kulturen. Sie haben nicht nur symbolische Bedeutung, auch das Kreuz nicht immer. Es entsteht ja, wenn sich Diagonalen oder Senkrechte und Waagerechte treffen.

Die meisten Bilder sind in ihrem Rahmen durch zwei Senkrechte und zwei Waagerechte begrenzt. Von Ecke zu Ecke liegende Diagonalen - Pyramiden, Dreiecke und Kreuze - ergeben sich. Es entsteht ein Grundalphabet an Formen.



Abb. 5: Vom Dreieck zu bunten, imaginären Landschaften - hier symbolisiert durch das Aquarell „Desert“. 30 x 24 cm, 2001.

Aus der künstlerischen Verarbeitung der geometrischen Formen entstanden nach und nach bunte, imaginäre Landschaften. Dabei ist die Natur die wichtigste Quelle für das künstlerische Schaffen Stöcklis. Vor allem der Vulkanismus, aber auch Prozesse wie Erosion, Sedimentation, Schichtung, Faltenbildung, Subduktion und Verwerfung faszinieren ihn sehr. So unternahm er zahlreiche Reisen, um diese Phänomene zu studieren. Diese führten ihn u. a. nach Argentinien, Chile, Hawaii, Libyen, Kalifornien, in die Eifel, sowie auf die Kapverdischen und die Liparischen Inseln. Nicht einzig die visuellen Eindrücke der Reisen flossen in seine Kunst ein, sondern er verarbeitete auch besondere Materialien, wie spezielle Papiere oder verschiedenartige Substrate für seine Collagen.



Abb. 6: Die Aquatinta „Castel del Monte 1“ entwickelte Stöckli 1988 aus einem Zirkelspiel. 42 x 51 cm.

### Das Oktagon: Vom Castel del Monte in Apulien zu geometrischen Figuren

In einem der Themenräume der Ausstellung spielt eine weitere geometrische Form die Hauptrolle - das Oktagon. Ein Schlüsselereignis im Leben von Dr. Kuno Stöckli stellte 1970 eine kunsthistorische Exkursion nach Italien dar, wo er das Castel del Monte in Apulien besuchte. Dieses beeindruckende Bauwerk stammt aus der Zeit des Stauferkaisers Friedrich II. Es wurde zwischen 1240 und 1250 errichtet und nie vollendet. Sein Grundriss ist ein regelmäßiges Achteck, und an jeder Ecke befindet sich wiederum ein achteckiger Turm. Diese Form beflügelte schon seit jeher die Phantasie der Betrachter, was den Zweck der Errichtung betrifft; sie führte aber auch zu Ideen für künstlerische Umsetzungen. Stöckli entdeckte, dass sich der Grundriss auf ein Zirkelspiel zurückführen lässt und dass das monumentale Bauwerk keinerlei Vorbild besitzt.

trische Form die Hauptrolle - das Oktagon. Ein Schlüsselereignis im Leben von Dr. Kuno Stöckli stellte 1970 eine kunsthistorische Exkursion nach Italien dar, wo er das Castel del Monte in Apulien besuchte. Dieses beeindruckende Bauwerk stammt aus der Zeit des Stauferkaisers Friedrich II. Es wurde zwischen 1240 und 1250 errichtet und nie vollendet. Sein Grundriss ist ein regelmäßiges Achteck, und an jeder Ecke befindet sich wiederum ein achteckiger Turm. Diese Form beflügelte schon seit jeher die Phantasie der Betrachter, was den Zweck der Errichtung betrifft; sie führte aber auch zu Ideen für künstlerische Umsetzungen. Stöckli entdeckte, dass sich der Grundriss auf ein Zirkelspiel zurückführen lässt und dass das monumentale Bauwerk keinerlei Vorbild besitzt.

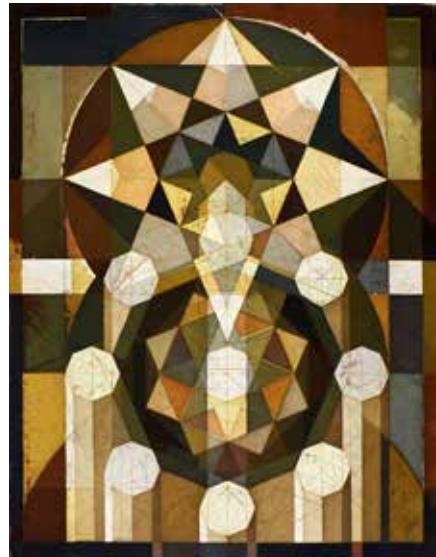


Abb. 7: Der „Stern in Apulien“, Aquatinta, 49 x 66 cm, 1983.

### Die Welt der Kristalle: Von brasiliensischen Edelsteinen zu Kristallformen

Im Alter von fast 50 Jahren eröffnete sich für Stöckli die Welt der Kristalle. Auf einer Reise durch Brasilien lernte er 1983 den Geologen Rex Nash kennen, der ihn einlud, seine Aquamarin- und Topasgruben in Marambaia zu besuchen. Zu erfahren, wo und in welchen Formen die Edelsteine vorkommen und wie sie geborgen werden, beeindruckte ihn sehr. Nun begann Stöckli sich intensiv mit der Welt der Kristalle zu beschäftigen. So fuhr er auch im Folgejahr nach Brasilien und reiste mit Rex Nash und Pierre Laville für längere Zeit durch Minas Gerais. Er lernte viele weitere „Steinmenschen“ kennen, später

auch in Europa. Ihn interessierten zunehmend die Länder und Fundstellen, an denen Edel- und Schmucksteine vorkommen, so dass er Reisen nach Australien, in die Dominikanische Republik, nach Namibia, Sri Lanka und Uruguay unternahm. Bei der Betrachtung der Kristallflächen konnte Stöckli seine immer so gern adaptierten geometrischen Formen wiederfinden. Besonders haben ihn der Gegensatz und die Spannung zwischen „exakt/geordnet“ und „zufällig/chaotisch“ begeistert. Durch die dreidimensionale, periodische Anordnung der Atome im Inneren eines Kristalls entstehen charakteristische Kristallformen. Bei einem ideal ausgebildeten Kristall stehen die Flächen einer Form in Abhängigkeit vom Kristallsystem in bestimmten Symmetriebeziehungen. Das heißt, nach einer Spiegelung oder der Drehung um eine Achse kann die eine Fläche exakt auf die andere abgebildet werden. In Stöcklis Bildern wird die Symmetrie gern als graphisches Gliederungselement genutzt. Sie lässt Ordnung entstehen und das Bild wird für die Betrachter besser erfassbar. Ähnlich wie bei den Kristallen in der Natur wird Symmetrie an vertikalen oder waagerechten Achsen oder auch an einzelnen Punkten erzeugt. In der Natur sind ideal ausgebildete Kristalle eher die Ausnahme. Während ihres Wachstums können Fehler auftreten. Die Kristalle erscheinen verzerrt, oder an der Oberfläche sind Parkettierungen zu erkennen. Durch ein zu schnelles Wachstum oder auch durch Ätzung mit Säuren oder Basen können Kristallskelette entstehen. Ebenfalls kann die Farbverteilung in einem Kris-



Abb. 8: „Turmalin Madagaskar 1“ zeigt den beeindruckenden Farbzonenbau bei Turmalinen. Aquatinta, 34 x 41 cm, 1988.

tall sehr unterschiedlich ausgebildet sein. So ist an Dünnschliffen von Turmalinkristallen häufig ein besonders beeindruckender farbiger Zonarbau zu erkennen, der sich durch Schwankungen im Chemismus bzw. durch unterschiedlichen Einbau von Spurenelementen erklären lässt. All diese Phänomene hat Stöckli in seinen Bildern in diesem Bereich der Ausstellung verarbeitet.

Durch die jahrzehntelange Beschäftigung mit Edelsteinen ist es Kuno Stöckli gelungen, eine beachtliche Beryllsammlung von mehr als 1.000 Objekten aufzubauen. Eine kleine Auswahl von 30 Kristallen, vor allem der bläulichen Varietät des Aquamarins, ist in vier Vitrinen ausgestellt. Es wurden Kristalle ausgewählt, die nicht nur Edelsteinqualität – und das in unterschiedlichen Kristallformen – aufweisen, sondern auch ungewöhnliche Ausbildungen zeigen, wie Skelettwachstum oder faserförmige Bildungen. Die Aquamarine stammen vor allem aus Brasilien, Pakistan, Nigeria und Madagaskar.



Abb. 9: Beryll, Var. Aquamarin, Padre Paraiso, Minas Gerais, Brasilien. Höhe 13,5 cm.

### Gesteine in Kunstwerken

Das letzte Thema der Ausstellung beschäftigt sich nun direkt mit der Verbindung von Natur und Kunst. Kuno Stöckli hat sich nach seiner Pensionierung 1999 nicht zur Ruhe gesetzt. Er blieb weiter auf der Suche nach neuen Ideen für künstlerische Umsetzungen. Seine Liebe zur Natur und zu den natürlichen Schönheiten im Mineralreich erweckten in ihm stets neue Inspirati-



Abb. 10: Beryll, Var. Aquamarin, mit Albit, Quarz, Schörl und Spessartin, Gilgit, Baltistan, Pakistan. Höhe 7 cm.

onen. Gezielt integrierte er Gesteinscheiben in seine Aquarell-Bilder, die er nach Farbe und Struktur auswählte. Daraus entstand ein Dialog zwischen Malerei und Stein. Minerale sind sehr viel älter als Pergamente und Papiere. Der Künstler hat in etwas eingegriffen, das bereits seit jeher existiert. Der Betrachter kann es aber auch von der anderen Seite sehen: das, was bereits vorhanden war, hat den Keim gebildet, aus dem das Kunstwerk entstehen konnte. Die verarbeiteten Steinscheiben stellen bereits Kunstwerke an sich dar – sie sind Kunstwerke der Natur. Durch geologische, sehr lang anhaltende Prozesse entstehen beim Wachsen und während der gesamten Daseinsgeschichte eines Gesteins bis hin zu seiner Verwitterung immer wieder neue Signaturen – die für jedes Stück unikal sind.

### Bildung und Vermittlung: museums-pädagogische Zugänge für die Besucher

In die Ausstellung wurden auch museumspädagogische Elemente integriert. Mitmach-Stationen laden vor allem Kinder ein, sich zum Beispiel mit Hilfe eines Zirkelspiels ein eigenes Mandala zu schaffen oder sich bei einem „Drehspiel“ mit zwei Bildern Stöcklis auseinanderzusetzen. Die Sonderausstellung wurde auch mit in die Ferienprogramme der terra mineralia einbezogen. Von Ostern bis Pfingsten 2022 ging es um das Periodensystem, wobei die Kinder hier im Raum etwas über die Elemente Beryllium, Alu-



Abb. 11: Collage mit „Bumble Bee-Jaspis“ (Kalkstein mit Auripigment, Indonesien), Aquarell, 13 x 18 cm, 2019

minium, Silizium und Sauerstoff lernen konnten, aus denen die ausgestellten Aquamarine bestehen. Das Thema der Sommerferien war „Der Tropfen und der Stein“. Hier konnten Kinder erleben, wie Wasser Gesteine auflöst und wie sich wiederum Gesteine aus Wasser bilden. In den Herbstferien stand der Vulkanismus im Vordergrund, der ja auch eine der wichtigsten Inspirationen für Stöckli ist.

Das Begleitprogramm zur Sonderausstellung umfasste noch zahlreiche weitere Angebote. Zu den Freiberger Sommernächten präsentierte sich die terra mineralia am 8. Juni mit einer „Mineral Reichen Sommernacht“. Der ehemalige Direktor des Grünen Gewölbes in Dres-

den, Prof. Dr. Dirk Syndram, hielt den Vortrag „Natur und Kunst“. Auch zur Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft am 18. Juni war die Sonderausstellung geöffnet und einer der Anziehungspunkte. An diesem Abend konnten zahlreiche Besucher begrüßt werden. Im Wintersemester 2022/2023 hält Prof. Dr. Elias Wegert den Vortrag „Können Formeln schön sein?“ und Prof. Dr. Christoph Breitkreuz spricht zu „Supereruptionen in Mitteldeutschland?“. Alle Vorträge beziehen bzw. beziehen sich explizit auf die Sonderausstellung mit den Objekten von Stöckli.

Einer ganz persönlichen „Auseinandersetzung“ mit den Werken von Kuno Stöckli unterzogen sich die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sowie die studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräfte der terra mineralia. Sie wählten ihr „Lieblingsobjekt“ aus der Sonderausstellung aus und trugen ihre Begründung für ihre Wahl in den öffentlichen Raum. Mit dieser persönlichen Sicht auf ausgewählte Werke erfolgte auch eine tiefergehende Identifikation mit dem gezeigten Werk und mit dem Künstler.

Nach Beendigung der Sonderausstellung „IN NATURA - IN NEXU - IN ARTES“ werden die Objekte von Dr. Kuno Stöckli auch weiterhin zu sehen sein. Seine Werke werden perspektivisch in verschiedenen Räumen, Gebäuden und Hörsälen der TU Bergakademie Freiberg zu finden und somit eine bleibende Erinnerung an diese temporäre Ausstellung sein.



Abb. 12: Collage mit Azurit-haltigem Gestein, Rubtsovskoe, Altai, Russland, Aquarell, 24 x 30 cm, 2019

## Fazit

Natur(-wissenschaften) und Kunst sind nur auf den ersten Blick Gegensätze, sie bedingen einander. Über diese Symbiose und damit verbundene Sonderausstellungen kann die thematische Vielfalt der Mineralogie als Brückendisziplin zwischen den Geo- und den anderen Naturwissenschaften genutzt werden. Im Rahmen dieser Präsentationen wird das Bewusstsein für die belebte und unbelebte Natur entwickelt und geschärft, weiterführende Themen, wie Rohstoffe, Energiewende und Klimawandel, welche die Gesellschaft heute bewegen, können erneut aufgegriffen werden.

# Neuerscheinung zu einer „abschließenden Bilanz“ Bergbau und Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier

Andreas Berkner

Bergbaubedingte Umsiedlungen in Kopplung mit dem Aufkommen von Großtagebauen traten in Mitteldeutschland genauso wie im Rheinland und in der Lausitz erstmals in den 1920er Jahren in Erscheinung. Nachdem sich solche mit Nachterstedt 1925, Runstedt 1931, Gaumnitz 1932, Rusendorf 1933, Golpa 1942 und Witznitz 1944 über ein Vierteljahrhundert zunächst auf Einzelfälle beschränkten, nahmen sowohl die Fallzahl als auch die Anzahl der betroffenen Menschen ab 1950 rapide zu. Bis heute gingen im Revier 147 Siedlungen ganz oder teilweise verloren, wobei deren Größenordnungen zwischen Einzelhäusern und Gemeinden mit bis zu 3.000 Einwohnern

lagen. Insgesamt waren über 54.000 Menschen davon betroffen (Tab. 1). Mit dem vorliegenden Buch liegt erstmals für Mitteldeutschland eine komplette Bestandsaufnahme zur Thematik vor. Zugleich bringt der Untertitel „Eine abschließende Bilanz“ zum Ausdruck, dass es in unserem Revier angesichts von Kohleausstieg und Strukturwandel keine weiteren Fälle mehr geben wird, auch wenn die Frage der energetischen Versorgungssicherheit heute wieder verstärkt zur Debatte steht.

Die ersten Ideen für das Buch reichen bis ins Jahr 2013 zurück. Als institutioneller Herausgeber eignete sich die **Kulturstiftung Hohenmölsen** bes-

tens, da deren Gründung unmittelbar im Kontext zur Umsiedlung der Gemeinde Großgrimma mit rund 900 Einwohnern stand. Deren Bewohner hatten nach

## Kontakt

Prof. Dr. habil. Andreas Berkner  
Dachverein Mitteldeutsche Straße der Braunkohle e. V., c/o Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen  
Bautzner Straße 67A, 04347 Leipzig  
Tel./Fax: 0341-33-74-16-11/33  
E-Mail: berkner@rpv-west-sachsen.de

Motive vom Verfasser, soweit nicht anders angegeben.



Foto: Deutsche Fotothek (Norbert Vogel)

Tagebau Espenhain und Magdeborner Kirche 1981

einer jahrzehntelangen Lage im „Bergbauschutzgebiet“ und der damit verbundenen Umsiedlungsbedrohung zu DDR-Zeiten 1990 auf die Frage an die Politik zum künftigen Schicksal eine erstaunlich klare Antwort erhalten – „spätestens 2010 müsst Ihr weg sein“. Die Antwort der Dorfgemeinschaft war, nachdem man die eigenen Entwicklungsperspektiven diskutiert und durchgerechnet hatte, ebenso verbüffend wie logisch – „Wenn wir müssen, wollen wir gleich“. Fortan ging alles in geradezu atemberaubender Geschwindigkeit und mit hoher Zustimmung voran. Die Grundsteinlegung am „Südhang Hohenmölsen“ für den gemeinsamen Umsiedlungsstandort erfolgte am 30.06.1995. Drei Jahre später, am 27.11.1998, hieß es „Angekommen“, was mit einer feierlichen Veranstaltung im neuen Bürgerhaus begangen wurde.

Geplant war auch die Umsetzung des Grunauer Kirchturms zum neuen Standort, was nicht zuletzt angesichts mehrerer sanierungsbedürftiger Sakralbauten in der aufnehmenden Stadt Hohenmölsen durchaus kontrovers gesehen wurde. So kam es mit dem letzten, denkwürdigen Beschluss der Gemeinde Großgrima zur Gründung einer Kulturstiftung, wobei die durch die MIBRAG mbH für den Turm vorgesehenen Mittel als Stif-



Foto: Sächsisches Landesamt für Archäologie

Archäologische Grabungen in Großhermsdorf, 2009

tungskapital dienten ([www.recarbo.de](http://www.recarbo.de)). Während die Pläne zum Kirchturm recht schnell zu den Akten gelegt wurden, konnten aus den Stiftungserlösen Projekte zur Pflege von heimatlicher Identität und Industriekultur, Förderpreise oder auch die seit 2003 jährlich stattfindende Sommerakademie (SOMAK) für unseren wissenschaftlichen Nachwuchs unterstützt werden. Auch das Buchvorhaben als „Premiumprojekt“ konnte damit durchfinanziert werden – eine maßgebliche Erfolgsvoraussetzung für dieses Vorhaben!

Parallel zu einer intensiven Konzipierungsphase galt es zunächst, inhaltliche Partner zu finden – ein solches Buch ist genauso wie der Bergbau „nicht eines Menschen Werk“. Zahlreiche Umsiedlungsbetroffene, Bergleute, Heimatforscher und Wissenschaftler, oft auch in „Personalunion“, waren zu einer Mitwirkung bereit. Schließlich umfasste das **Netzwerk** 24 Autoren und rund 100 unterstützende Personen und Institutionen. Auch der Dachverein Mitteldeutsche Straße der Braunkohle e. V., der 2021 sein 25jähriges Gründungsjubiläum beging, unterstützte das Projekt finanziell, logistisch und inhaltlich. Fortan ging es ans Sammeln, Recherchieren, Erkunden und Überprüfen – keine leichte Aufgabe

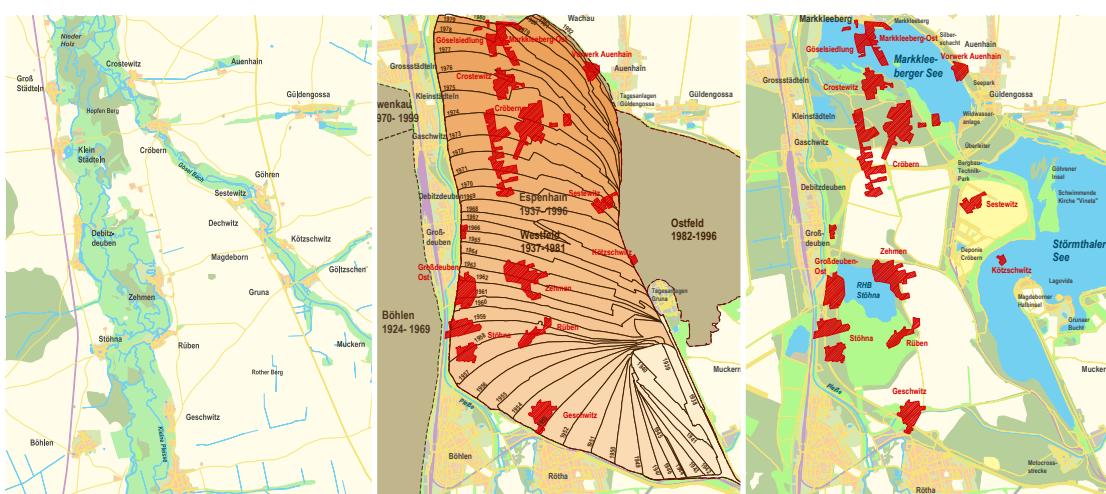


Die Ausfahrt der Heuersdorfer Emmauskirche 2007

bei der Zahl der „Fälle“ und der Materialfülle, wobei zu Ortslagen wie Magdeborn oder Eythra bereits umfängliche Bücher vorlagen und in anderen Fällen, wie Rusendorf, Bergisdorf oder Zöckeritz mitunter händeringend nach Informationen bzw. nach Bildmaterial gesucht werden musste. Ein besonderes Kapitel waren Zeitzeugen, die solche Umsiedlungen persönlich miterlebt hatten und, oft inzwischen hochbetagt, ihre Erinnerungen zur Verfügung stellten. Allerdings reicht unser diesbezügliches „historisches Gedächtnis“ nurmehr bis etwa 1945 zurück; alles Vorherige erschließt sich nur noch nach der Aktenlage.

Ein derartiges Projekt durchlebt auf seinem Weg **Höhen und Tiefen** – so waren bei der Informationsbeschaffung immer wieder Herausforderungen zu bestehen, die in Extrempfälten in Schuhkartons mit unbeschrifteten Fotos von Menschen, Gebäuden und Landschaften bestanden, zu denen niemand mehr Auskunft geben konnte und auch ein „Nachschauen“ nicht mehr möglich war. Zudem war das Allermeiste in ehrenamtlicher Arbeit zu bewältigen. Besonders aufwändig war das Zusammentragen von Anschauungsmaterial in Form von Fotos, Karten, Grafiken und Übersichten mitsamt der Klärung von Bildrechten.

Zudem wurden Ortschroniken, die nicht in allen, aber doch in vielen Fällen auf Veranlassung der seinerzeitigen Bergbauunternehmen erstellt worden waren, angekauft, wo immer sie antiquarisch zu haben waren. „Gerettet“ wurde das Projekt schließlich, so unglaublich dies klingen mag.



Kartenbeispiel Tagebauentwicklung (Espenhain Westfeld)

durch die im März 2020 einsetzende Pandemiesituation, die den regelmäßig übervollen Kalender des Verfassers und Herausgebers binnen weniger Tage leerfegte – womit erstmals seit langem ausreichend freie Abende und auch Wochenenden verfügbar waren. Dennoch waren bis zur Übergabe aller Texte und Abbildungen an den Verlag im August 2021 noch reichlich „Spätschichten“ zu absolvieren. Nach einer intensiven Phase der Abstimmung des Layouts und der Korrekturen zwischen Herausgeber und Verlag konnte schließlich am 13.01.2022 die Druckfreigabe erteilt werden. Damit war die Buchpremiere am 25.02.2022 in Hohenmölsen gesichert.

Den „Einstieg“ in das Buch bildet eine Einführung, in der insbesondere auf die verfügbaren Informationsquellen Bezug genommen wurde. Dabei bestand die Herausforderung darin, eine vergleichbare Darstellungsweise für alle berührten Ortslagen und Probleme – unabhängig von der Datenlage – zu finden. In der nachfolgenden Einleitung werden die „**übergreifenden Themen**“ zu den Komplexen Bergbau und Siedlungsentwicklung, Raumordnungsplanung, Umsiedlungsstandorte, Sozialverträglichkeit und Entschädigungskonditionen aufgegriffen. Durch den Blick auch in die anderen Braunkohlenreviere (Rheinland, Lausitz, Helmstedt, Oberpfalz) konnte zudem ein Gesamtbild zur Umsiedlungsthematik im Kontext zur Braunkohle erstmals in angemessener Form erstellt werden. Ergänzt wird das betreffende Kapitel durch einen Blick nach Nordböhmen (Most – Brüx) mit der bislang größten Umsiedlung in Mitteleuropa, durch Betrachtungen zu Umsiedlungen auch aus anderen Veranlassungen heraus (Infrastruktur, Talsperrenbau, Hochwasserschutz, Truppenübungsplätze, Grenzsicherung, Rückbau von Plattenbauten). Ein Gesamtüberblick wird den 55 „verlorenen Kirchen“ gewidmet, darunter auch Neubauten wie in Edderitz. Schließlich werden auch die mit der Bergbautätigkeit zusammenhängenden archäologischen Funde thematisiert, von denen viele im Staatlichen Museum für Archäologie in Chemnitz bzw. im Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle (Saale) zu sehen sind.

Den Hauptteil des Buches bilden die „**Teilrevierkapitel**“ zu den Bereichen Gräfenhainichen, Bitterfeld, Edderitz, Delitzsch, Böhmen-Zwenkau-Cospuden, Espenhain, Witznitz, Regis-Deutzen, Borna-West, Borna-Ost/Bockwitz,



Kartenbeispiel Werbelin bei Delitzsch

Vereinigtes Schleenhain, Altenburg-Rositz-Meuselwitz, Zeitz-Weißenfels, Merseburg-Ost, Geiseltal, Röblingen-Amsdorf und Nacpterstedt/Königsau. Diese werden jeweils durch großformatige Luftbilder, Lagevignetten und eine Zusammenstellung der jeweils „verlorenen Orte“ eingeleitet. Daran schließen sich die „Tagebauprofile“ an, die die Abbau- und die technologischen Entwicklungen in Form von Texten, Daten und Fakten, Zeitleisten und (zumeist) historischen Fotos nachzeichnen. Im Kern der Darstellungen stehen Kartenserien zur Landschaftssituation vor dem Bergbau, zum Abbaugeschehen und zur heutigen Topografie. Weiter folgen die „Ortsprofile“, wiederum mit standardisierten Darstellungen zu Daten und Fakten, zur Ortscharakteristik, zum Ablauf der Umsiedlung, zu Meilensteinen der Ortsentwicklung und zu darüber verbliebenen Erinnerungen. Kartenausschnitte aus den Messtischblättern zeigen die vorbergbauliche Situation; durch die Platzierung der ausgeschnittenen Ortskonturen in einer aktuellen Luftbildkarte sind die Lagebeziehungen bis hin zu Einzelgebäuden nachvollziehbar. Abgeschlossen werden die Teilrevierkapitel

durch „Themenspecials“, deren Inhalte von Zeitzeugeninterviews über Denkwürdigkeiten und Analysen historischer Dokumente bis hin zum konkreten „Spurensuchen“ reichen.

Die „**Spurensuchen**“ waren bei den Recherchen eine besondere Herausforderung; sie bergen auch das größte Potenzial für weitere Befunde, zumal der Verbleib von Hinterlassenschaften aus den umgesiedelten Ortslagen in vielen Fällen erst noch zu klären ist. Am reichsten ist der Fundus aus den Kirchen in Form von Orgeln, Altären, Glocken, Taufsteinen, Gestühl und Kunstwerken, die oft in der Nachbarschaft, nicht selten aber auch weit entfernt nachgenutzt werden und damit bis heute in Augenschein zu nehmen sind. Exemplarisch für Letzteres stehen die „Glockenodyssee“ von Golpa über Niemegk nach Halle-Reideburg, die Stöntzscher Orgel (heute in Hohnstein [Sächsische Schweiz]) und der Cröberner Altar (heute in Frankenau bei Mittweida). Vielerorts erinnern Straßennamen an die Umsiedlungen. Gedenksteine wurden zumeist erst nach 1990 aufgestellt. Highlights waren die Verlagerungen kompletter Gebäude wie der Heuersdorfer Emmauskirche 2007 nach Borna, aber auch das „verrückte Haus“ in Großdeuben oder die aus Breunsdorf nach Schenkenberg umgesetzte Fachwerkscheune. Im Zuge der Spurensuchen gab es immer wieder auch Überraschungen. So wurde das 1991 durch Werner Sykora und die MIBRAG im Restloch Zechau aufgestellte Signal zur Markierung des Heitzschen Gutes als Ortsmitte von Leesen 2020 in einem erstaunlich guten Zustand, nunmehr mitten im Wald gelegen, wieder aufgefunden. Letztlich stehen auch Umsiedlungsstandorte wie der Südhang Hohenmölsen oder erfolgreich revitalisierte Ortslagen wie Sauselitz oder Dreiskau-Muckern für diese Entwicklungen. Bemerkenswert ist die Geschichte der barocken Turmhaube der Kirche von Naundorf (Geiseltal), die 1956 nach Friedensdorf (früher Kriegsdorf) östlich von Merseburg verlagert wurde. Der dortige Sakralbau hatte seine Bekrönung durch einen Fehlschuss der deutschen Flak in den letzten Kriegstagen 1945 verloren. Vielerorts gibt es bis heute Heimattreffen zu einstigen Dörfern, an die auch die „Wandelgänge“ am Mondsee erinnern.

Der **Anhang** beinhaltet die beiden Umsiedlungsverträge zu Heuersdorf (1995) und Pödelwitz (2012) mit allen Entschädigungsangeboten und flan-

kierenden Maßnahmen. Des Weiteren umfasst er ein umfangreiches Literatur- und Quellenverzeichnis mit fast 700 Einzelnachweisen, Angaben zu genutzten Sammlungen und Archiven, einen ausführlichen Abbildungsnachweis sowie eine namentliche Zusammenstellung der Autoren, Netzwerkpartner und Unterstützer. Der Vorsatz des Buches enthält zudem eine Übersichtskarte zu bergbaubedingten Umsiedlungen in Mitteldeutschland; der Nachsatz eine Zusammenstellung von Daten und Fakten zur Braunkohle in Deutschland mit einem Vergleich zwischen den Revieren Rheinland, Mitteldeutschland und dem der Lausitz.

Eine besondere Würdigung verdient die **Zusammenarbeit mit dem Sax-Verlag**, der in diesem Jahr sein 30jähriges Gründungsjubiläum begeht, und namentlich Frau Birgit Röhling als Geschäftsführerin. Der Verlag, der sich seit vielen Jahren einen Namen bei der Herausgabe von Werken zur Regionalgeschichte und Landeskunde erworben hat, hatte zuletzt mit der von LO-THAR EIBMANN und FRANK W. JUNGE verfassten Trilogie zum Mitteldeutschen Seenland seine Leistungsfähigkeit unter Beweis gestellt. Ganz bewusst wurde nun der Band „Bergbau und Umsiedlungen“ im gleichen Format erstellt – auch, um einen „Reiheneffekt“ zu befördern. Nachdem inhaltlich alles beisammen war, erwies sich schließlich noch die Papierfrage als eine „harte Nuss“, als es darum ging, die erforderlichen zehn Tonnen bei einer Auflagenhöhe von 3.000 Exemplaren qualitäts-, preis- und termingerecht zu sichern. Schließlich erfolgte dann die komplette Herstellung bei Neografija in Martin in der Slowakei – und das absolut qualitätsgerecht und pünktlich. Dennoch war es eine große Erleichterung, die Bücher schließlich am 22.02.2022 in Empfang nehmen zu können.

Vorgesehen ist als Nächstes, alle weiteren Informationen zur Thematik bei den Herausgebern

Tabelle Gesamtübersicht zu Umsiedlungen in Mitteldeutschland

Förderraum (Land)	1919-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990		1991-2000		2001-2020		Gesamt	
	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW
<b>Sachsen</b>	<b>2</b>	<b>1.264</b>	<b>12</b>	<b>3.592</b>	<b>14</b>	<b>4.754</b>	<b>23</b>	<b>6.562</b>	<b>17</b>	<b>4.688</b>	<b>5</b>	<b>1.680</b>	<b>2</b>	<b>430</b>	<b>75</b>	<b>22.970</b>
- Delitzsch – Nordraum Leipzig	0	0	0	0	0	0	0	3	485	3	730	0	0	6	1.215	
- Böhmen/Zwenkau/Cospuden	1	403	1	49	2	2.098	8	840	4	3.283	0	0	0	0	16	6.673
- Espenhain	0	0	4	2.206	3	580	11	5.285	1	125	1	500	0	0	20	8.696
- Witznitz	1	861	1	190	3	745	2	350	1	10	0	0	0	0	8	2.156
- Regis/Deutzen/Borna-West	0	0	4	1.110	2	770	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.880
- Borna-Ost/Bockwitz/Neukirchen	0	0	1	20	1	134	0	0	1	130	0	0	0	0	3	284
- Vereinigtes Schleienhain	0	0	1	20	3	427	2	87	6	655	1	450	2	430	15	2.069
<b>Sachsen-Anhalt</b>	<b>6</b>	<b>2.574</b>	<b>11</b>	<b>7.104</b>	<b>21</b>	<b>10.697</b>	<b>12</b>	<b>5.415</b>	<b>5</b>	<b>1.125</b>	<b>9</b>	<b>1.068</b>	<b>(1)</b>	<b>42</b>	<b>64</b>	<b>28.025</b>
- Gräfenhainichen	2	1.323	0	0	1	10	0	0	2	157	0	0	0	0	5	1.490
- Bitterfeld	0	0	1	35	5	520	6	2.600	2	656	1	200	0	0	15	4.011
- Edderitz	0	0	1	1.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.200
- Zeitz-Weißensfels	2	328	3	2.101	6	2.247	2	365	1	285	8	868	0	0	22	6.194
- Merseburg-Ost	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0	1	50
- Geiseltal	1	338	6	2.440	8	6.470	3	2.400	0	0	0	0	0	0	18	11.648
- Röblingen-Amsdorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Nöchternstedt <sup>1)</sup>	1	585	(1)	1.328	1	1.450	0	0	(1)	27	0	0	(1)	42	2	3.432
<b>Thüringen</b>	<b>3</b>	<b>530</b>	<b>5</b>	<b>2.612</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>3.142</b>
- Altenburger Land	3	530	5	2.612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3.142
<b>Mitteldeutschland (gesamt)</b>	<b>11</b>	<b>4.368</b>	<b>28</b>	<b>13.308</b>	<b>35</b>	<b>15.451</b>	<b>35</b>	<b>11.977</b>	<b>22</b>	<b>5.813</b>	<b>14</b>	<b>2.748</b>	<b>2</b>	<b>472</b>	<b>147<sup>1)</sup></b>	<b>54.137</b>

1) bei Nöchternstedt mit mehreren Umsiedlungsabschnitten erfolgte keine Mehrfachzählung

Tabelle Gesamtübersicht Umsiedlungen in Deutschland

Förderraum (Land)	1919-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990		1991-2000		2001-2020		2021-2038		Gesamt	
	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW	Zahl	EW
<b>Lausitzer Revier<sup>1)</sup></b>	<b>8</b>	<b>1.310</b>	<b>13</b>	<b>1.038</b>	<b>18</b>	<b>5.951</b>	<b>29</b>	<b>3.896</b>	<b>55</b>	<b>13.936</b>	<b>11</b>	<b>1.609</b>	<b>5</b>	<b>1.038</b>	<b>1</b>	<b>200</b>	<b>140</b>	<b>28.978</b>
- Brandenburg	4	525	5	538	13	4.691	21	2.833	39	11.765	6	734	5	1.038	0	0	93	22.124
- Sachsen <sup>2)</sup>	4	785	8	500	5	1.260	8	1.063	16	2.171	5	875	0	0	1	200	47	6.854
<b>Mitteldeutsches Revier<sup>3)</sup></b>	<b>11</b>	<b>4.368</b>	<b>28</b>	<b>13.308</b>	<b>35</b>	<b>15.451</b>	<b>35</b>	<b>11.977</b>	<b>22</b>	<b>5.813</b>	<b>14</b>	<b>2.748</b>	<b>2</b>	<b>472</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>147</b>	<b>54.137</b>
- Sachsen	2	1.264	12	3.592	14	4.754	23	2.652	17	4.688	5	1.680	2	430	0	0	75	22.970
- Sachsen-Anhalt	6	2.574	11	7.104	21	10.697	12	5.415	5	1.125	9	1.068	(1)	42	0	0	64	28.025
- Thüringen	3	530	5	2.612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3.142
<b>Rheinisches Revier<sup>4)</sup></b>	<b>3</b>	<b>214</b>	<b>10</b>	<b>4.026</b>	<b>30</b>	<b>10.449</b>	<b>27</b>	<b>3.815</b>	<b>19</b>	<b>7.904</b>	<b>12</b>	<b>4.213</b>	<b>13</b>	<b>8.270</b>	<b>10</b>	<b>3.898</b>	<b>124</b>	<b>42.789</b>
<b>Helmsdorfer Revier</b>	<b>2</b>	<b>1.700</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1.300</b>	<b>1</b>	<b>800</b>	<b>1</b>	<b>400</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>4.200</b>
<b>Oberpfälzer Revier</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1.300</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1.400</b>
<b>Deutschland (gesamt)</b>	<b>24</b>	<b>7.592</b>	<b>53</b>	<b>19.672</b>	<b>86</b>	<b>33.251</b>	<b>92</b>	<b>20.488</b>	<b>97</b>	<b>28.053</b>	<b>37</b>	<b>8.570</b>	<b>20</b>	<b>9.780</b>	<b>11</b>	<b>4.098</b>	<b>420</b>	<b>131.504</b>

1) einschließlich der Umsiedlungen im Kontext zu den Talsperren Spremberg, Bautzen und Quitzdorf (8 Umsiedlungen mit 754-758 Einwohnern); bei einzelnen Umsiedlungen, für die Intervalle zur Anzahl der Betroffenen angegeben waren, wurden zur Gleichbehandlung jeweils die oberen Werte verwendet; bei der Verwendung der unteren Werte würde sich die Gesamtzahl der betroffenen Menschen um 2.038 auf 26.889 verringern

2) Umsiedlung Mühlrose im Tagebaubereich Nöchtern – Abschluss bis 2024 vorgesehen

3) einschließlich der Betroffenen in den abgebrochenen Umsiedlungen von Sauselitz, Dreiskau-Muckern, Langenhain und Pödelwitz sowie der nicht unmittelbar bergbaubedingten Umsiedlung von Pulgar

4) einschließlich der 2020 noch laufenden Umsiedlungen von Kerpen-Manheim (bis 2022; 1.541 EW), Morschenich (bis 2024; 491 EW) sowie Keyenberg (bis 2023), Kuckum/Unter-, Oberwesel/Berverath (bis 2028; zusammen 1.541 EW)



## Bergbau und Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier Eine abschließende Bilanz

Andreas Berkner und Kulturstiftung Hohenmölsen (Hrsg.)

Sax Verlag Markkleeberg

Erschienen am 25.02.2022

Maße 25 x 28,5 x 4,6 cm

Gewicht 3,020 kg

528 Seiten, 1.743 Abbildungen

ISBN 978-3-86729-266-5

49,80 €, erhältlich beim Verlag und im Buchhandel

Erscheinen des Buches belastbar geklärt werden: Es handelt sich um Türchau unmittelbar östlich der Lausitzer Neiße, bis 1945 in der Amtshauptmannschaft Zittau und danach als Turoszów und Ortsteil von Bogatynia (vormals Reichenau) im südwestlichsten Zipfel Polens (Województwo Niederschlesien) gelegen. Bereits 1917 begann der Abriss von Teilen des Niederdorfs am Flüsschen Küpper; 1929 war dieses schon weitgehend dem Abbau zum Opfer gefallen, wodurch sich die Einwohnerzahl der Ortslage (1871 929, 1939 534 Menschen) entgegen dem Trend in diesem Landstrich fast halbiert hatte.



# International

Impressionen von der Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft am 18. Juni 2022



# Kenia: Lokale Reststoffe für den 3D-Druck

Gemeinsames Projekt zwischen TUBAF und kenianischer Universität in vollem Gange – „SustainAM“

Lisa Kühnel, Leif Micke, Manuela Junghans, Henning Zeidler



Abb. 1: SustainAM-Team: Treffen der Projektpartner von JKUAT und TUBAF in Freiberg, Nov. 2021

Die Additive Fertigung (engl. *Additive Manufacturing, AM*), umgangssprachlich auch als „3D-Druck“ bekannt, leistet nicht nur einen Beitrag zur Weiterentwicklung der industriellen Fertigung, z. B. im Hinblick auf komplexere Bauteile, sondern kann auch neue Wege der Nachhaltigkeit bereiten.

„SustainAM“ – nachhaltige Additive Fertigung – ist ein bilaterales Projekt der TUBAF und der Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT) in Juja, Kenia. Hauptziel ist die Nutzung lokal verfügbarer, erneuerbarer und biokompatibler Ressourcen (idealerweise Reststoffe) für additive Fertigungstechnologien, um so die Kreislaufwirtschaft und das Wirtschaftswachstum in Kenia zu fördern. Parallel zur Forschungsarbeit soll auch die postgraduale Ausbildung an der kenianischen Partneruniversität weiterentwickelt werden. Bei der Additiven Fertigung werden mehrere Verfahren ausprobiert, um der Vielfalt der anfallenden Reststoffe gerecht zu werden: Filamentextrusion, Pastenextrusion und Binder Jetting.

Die Verwendbarkeit pflanzlicher Reststoffe in der Additiven Fertigung ist global bisher nur wenig erforscht, wobei an der TUBAF bereits auf eine gute Basis an Forschungsvorlauf aufgebaut werden kann. Das Hauptaugenmerk bei SustainAM wird auf der Auswahl und Anpassung der in Kenia lokal verfügbaren Materialien, auf der Pro-

zesskontrolle und auf der Bewertung der Produkteigenschaften der hergestellten Teile liegen. Das Projekt vernetzt junge Wissenschaftler und schon etablierte Forscher beider Universitäten, um einen aktiven Ideenaustausch zu fördern und damit die Wirkung der wissenschaftlichen

Ergebnisse zu vervielfachen.

## Kenianischer Partner – JKUAT

Die JKUAT ist eine der führenden Hochschuleinrichtungen Kenias mit Sitz in Juja im Nordosten der Hauptstadt Nairobi. An der Universität lernen rund 40.000 Studierende in verschiedenen Fachbereichen wie Ingenieur- und Naturwissenschaften, Architektur und Landwirtschaft. Die JKUAT hat sich zum Ziel gesetzt, eine weltweit führende Universität in den Bereichen Ausbildung, Forschung und Entwicklung sowie Unternehmertum zu werden. Das kenianische Projektteam gehört zum Fachbereich Mechanical Engineering & Mechatronics sowie Biosystems and Environmental Engineering. An der TUBAF wird das Projekt durch die Professur für Additive Fertigung von Prof. Zeidler vorangebracht. Hier arbeiten gleichzeitig drei wissenschaftlich Mitarbeitende, eine technische Mitarbeiterin und mindestens eine studentische Hilfskraft am Erfolg des Projekts.

„SustainAM“ ist ein langfristiges und damit nachhaltig angelegtes Projekt. Nach dem Ende der Projektlaufzeit – von Januar 2021 bis Juni 2025 – wird eine Weiterführung der Zusammenarbeit im Rahmen von Folgeprojekten angestrebt. SustainAM besteht aus zwei parallel geplanten Modulen, um die Forschung mit der postgradualen Aus- und Weiterbildung zu verbinden. Die zwei Bereiche werden dabei von unterschiedlichen Fördermittelgebern unterstützt.

## Forschung

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Modul 1 hat seinen Schwerpunkt in der Forschung und zielt darauf ab, den Stand der Technik in wichtigen Bereichen voranzubringen. Dies betrifft u.a. die Umwandlung pflanzlicher Reststoffe in biobasierte AM-Materialien. Dadurch kann Wertschöpfung auf Basis bisher ungenutzten Materials und eine Verbesserung der AM durch die Erweiterung der verfügbaren Materialpalette erreicht werden. Darüber hinaus sollen biologisch abbaubare Produkte entstehen, deren Herstellung und Einsatz zur Verringerung der Umweltverschmutzung beitragen. Aufgrund geringer Recyclingquoten in Kenia ist das derzeit immense Aufkommen von Plastikmüll ein besonderes Problem, dessen Lösung auch von der Regierung hoch priorisiert wird. In der ersten Projektphase, der Materialrecherche und -auswahl, wurden folgende Reststoffe genaueren Untersuchungen unterzogen:



## Beispiel Wasserhyazinthe:

Die Wasserhyazinthe ist eine invasive Pflanzenart in Kenia. Sie wächst in Süßwasserseen und vermehrt sich nahezu unaufhaltsam. Beim Wachstum entzieht die Pflanze dem Wasser den Sauerstoff, was in den betroffenen Gewässern zum Artensterben infolge Sauerstoffmangels führt. Eine Lösung scheint es zu sein, die Pflanze in großen Mengen zu roden. Ein erster Ansatz ist, aus den Pflanzenresten Biogas zu erzeugen, ein weiterer und im Projekt ebenfalls betrachterter Ansatz könnte sein, die Wasserhyazinthen zu trocknen und als pflanzliches Grundmaterial in der Additiven Fertigung einzusetzen (stoffliche Verwertung).

Dazu müssen die frisch geernteten



Abb. 2: Wasserhyazinthe im See, bei der Ernte und geerntet (von links nach rechts)

Pflanzen (Abb. 2) im ersten Schritt getrocknet werden. In Kenia kann dies mittels der Kraft der Sonne im Gewächshaus erfolgen. Die getrockneten Pflanzenreste (Abb. 3 links) würden anschließend in einem Hammerbrecher vorzerkleinert und letztendlich auf die gewünschte Feinheit ( $< 250 \mu\text{m}$ ) in einer Kugelmühle gemahlen (Abb. 3 rechts).

Das so vorbereitete Wasserhyazinthenpulver wird dann für den Einsatz in der Additiven Fertigung aufbereitet. Das Wasserhyazinthenpulver muss dabei mit einem Binder zu einem Bauteil „verklebt“ werden. Ein vielversprechendes Verfahren ist das Binder Jetting, da es nahezu materialoffen ist und eine hohe Fertigungsgeschwindigkeit erreichen kann. Nach diesem Verfahren werden einzelne Pulverschichten von einem Druckkopf – ähnlich wie bei einem Tintenstrahldrucker – benetzt. In unseren Versuchen wurde dazu ein Feststoff-Binder (15 Gew.-% Polyvinylalkohol (PVA)) untergemischt. Als Tintenflüssigkeit wurde eine wasserbasierte Tinte verwendet, welche das PVA lokal anlösen kann; nach dem Drucken trocknet das Bauteil und härtet dabei aus. Erste Versuche zum Binder Jetting sind während eines Forschungsaufenthalts der kenianischen Partner an der TUBAF im Juli 2022 erfolgt.

reich absolviert worden. Als Probekörper wurden zunächst Zylinder ( $d=h=20 \text{ mm}$ ) zur Bestimmung der Druckfestigkeit und Würfel ( $a=20 \text{ mm}$ ) zur Kontrolle der Maßhaltigkeit gedruckt. Dabei wurden eine Schichtstärke von  $100 \mu\text{m}$  und verschiedene Sättigungen (Druckflüssigkeitsmengen) gewählt. Anschließend wurden die Probekörper entpulvert und bei  $60^\circ\text{C}$  im Trockenschrank getrocknet. Die ersten Versuche (vgl. Abb. 4) sind vielversprechend und werden folgend durch weitere biogene Materialien und additive Fertigungsverfahren wie Pasten- und Filamentextrusion erweitert.

Außer mit Wasserhyazinthe wurden zudem noch erste Versuche mit Reis- und Kokosnusssschalen im Binder Jetting sowie mit Reisschalen und Kaffeesatz per Pastenextrusion durchgeführt.

Parallel dazu werden Anwendungen für die neuen, additiv gefertigten Materialien gesucht. Aufgrund der langjährigen Erfahrungen an der TUBAF sind die durch das Binder Jetting hergestellten, eher porösen Teile, als mechanisch

nisch, thermisch und akustisch dämpfend für entsprechende Anwendungen geeignet. Der Einsatz solcher Materialien für Verpackungen, für Wärme- bzw. Kälteisolationen als auch als Akustikabsorber ist denkbar. Zudem lassen sich diese Materialien sehr gut

infiltrieren bzw. beschichten, was das Anwendungsspektrum nochmals erweitert. Da im Sinne der Nachhaltigkeit weite Transportwege für die Reststoffe möglichst zu vermeiden sind, werden derzeit Anwendungen für solche Materialien speziell in Kenia untersucht.

### Postgraduiertenausbildung

Das vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) geförderte Modul 2 bezieht nicht nur Studierende und Nachwuchswissenschaftler in die Forschungsarbeit mit ein, sondern etabliert Lehrinhalte zur Additiven Fertigung in die Bachelor- und Masterstudiengänge an der JKUAT. Während der Projektaufzeit sind mehrere Austausche für kenianische und deutsche Studierende, Doktoranden und Forscher geplant, um Wissen zu transferieren und interkulturelle Erfahrungen zu sammeln. Im letzten Jahr konnten bereits Forschungsaufenthalte für vier kenianische Doktoranden sowie vier Postdocs durchgeführt werden.

Ein weiterer Bestandteil dieses



Abb. 3: Wasserhyazinthe getrocknet, grobzerkleinert und aufgemahlen (von links nach rechts)



Abb. 4: Mittels Binder Jetting gedruckte Probekörper aus Wasserhyazinthe und 15 Gew.-% PVA

Bildungsmoduls sind jährliche Frühjahrs- und Herbstschulen in Juja und in

eine kontinuierliche Erweiterung der Ausstattung erfolgt im weiteren Pro-

Freiberg sowie die Einrichtung eines AM-Lehr-labors in Juja. Die Grundausstattung für das Labor, welches das AM-Labor der TUBAF zum Vorbild hat, konnte bereits geliefert werden;

pektverlauf. Die Schulen haben das Ziel, Forschungsergebnisse an die Studierenden beider Universitäten zu vermitteln und behandeln dementsprechend alle Prozessschritte – von der Materialauswahl und -aufbereitung über das Teiledesign bis hin zu verschiedenen AM-Technologien und Nachbearbeitungsschritten – theoretisch und praktisch. Auch wirtschaftlich relevante Fragestellungen – wie die Berücksichtigung der voraussichtlichen Markt-nachfrage für verschiedene Anwendungen – werden besprochen.



GEFÖRDERT VOM  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Deutscher Akademischer Austauschdienst  
German Academic Exchange Service

**SustainAM**



## Unterstützung geflüchteter Studieninteressenten und Gastwissenschaftler aus der Ukraine

Philipp Röder, Ingrid Lange, Carsten Drebendstedt

Das Internationale Universitätszentrum „Alexander von Humboldt“ (IUZ) der TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) konnte mit Unterstützung durch das SMWK und dem DAAD bereits 2015 eine halbe Stelle einrichten und besetzen, um Wissenschaftlicher/-innen und Studierende mit Fluchthintergrund beraten und unterstützen zu können. Beratungsgespräche werden vor Ort, am Telefon und online geführt. Seit März dieses Jahres sind nun auch Flüchtlinge aus der Ukraine hinzugekommen. Inzwischen betreffen etwa ein Viertel aller Beratungen Flüchtlinge aus der Ukraine. Mit Stand Juli 2022 haben sich etwa 70 studieninteressierte Geflüchtete aus der Ukraine gemeldet, um ein Studium an der TUBAF aufzunehmen. Fast drei Viertel waren Ukrainer, die übrigen hatten eine Nationalität eines Drittstaats. Weitere 60 haben sich gemeldet, um ein Studium fortzusetzen. Davon waren mehr als drei Viertel Ukrainer und fast ein Fünftel Drittstaatler. Die Drittstaatler kommen am häufigsten aus afrikanischen Ländern. Die am meisten nachgefragten Fächer sind Betriebswirtschaftslehre, Angewandte Naturwissenschaften, Mathematik, Geotechnik, Bergbau und Geographiesysteme oder die englischsprachigen Masterstudiengänge Mechanical

Process Engineering sowie Sustainable Mining and Remediation Management. Von den bis zum Stichtag Sommer 2022 eingegangenen Bewerbungen für ein Studium an der TUBAF haben zehn Kandidaten bereits ein Studium aufgenommen bzw. fortgesetzt. Weitere wurden als Gasthörer zugelassen, fünf Geflüchtete aus der Ukraine haben sich für einen Sprachkurs angemeldet.

Am häufigsten erkundigten sich die Konsultationsteilnehmer nach dem Bewerbungsprozess und Voraussetzungen sowie nach dem Studienangebot, und danach, wie es um Sprachkurse, die Finanzierung oder die Aufenthaltsgenehmigung steht. Weitere Fragen betreffen oft das Fortsetzen eines bereits begonnenen Studiums oder den Umgang beim Verlust von Dokumenten.

Aktuelle Unterstützungsmöglichkeiten veröffentlicht das IUZ auf zwei Internetseiten. So gibt es eine Deutsch-Englische Internetseite „Studieren mit Flüchtlingsstatus“ (<https://tu-freiberg.de/international/refugees>) und eine spezielle Deutsch-Ukrainische Unterseite für Studieninteressierte und Studierende aus der Ukraine: (<https://tu-freiberg.de/solidaritaet-mit-ukraine/studium-nau-channya-0>). Dort werden Informationen angeboten zum Studium (vor der Bewer-

bung, Bewerbungsprozess, Gasthörer, finanzielle Unterstützung) sowie zu Finanzierungsmöglichkeiten an der TUBAF oder externen Fördermittelgebern. Ein weiterer Bereich betrifft Hilfsangebote („Ich biete Hilfe an“), in dem u. a. ein Onlineportal zu Übersetzungshilfe und Hilfsaktionen zu finden sind. Im Bereich Hilfsgesuche („Ich suche Hilfe“) werden Informationen zur Einreise, zum Studieren und Forschen an der TUBAF und psychologische Unterstützungsangebote gelistet. So wird zum Beispiel auch auf die Angebote des Studentenwerks Freiberg hingewiesen.

Als weitere Informationsmedien für regelmäßige Postings nutzt das IUZ auch den IUZ-Blog (<https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/iuz/>), die IUZ-Facebookseite (<https://www.facebook.com/tubafinternational>) sowie die Uni-Now-App (<https://uninow.de/>). Vor Ort am IUZ und online sind mehrsprachige Informationsmaterialien erhältlich, wie z.B. englische, russische oder ukrainische Stadtpläne. Neben dem allgemeinen Flyer für geflüchtete Studieninteressierte und Studierende an der TUBAF wird auch ein spezieller dreisprachiger (Deutsch, Englisch, Ukrainisch) Flyer mit Informationen für geflüchtete Studieninteressierte aus der Ukraine vorgehalten.

Ein wichtiges Unterstützungsangebot sind Deutsch-Sprachkurse.

Die am IZU angebotenen studienvorbereitenden und studienbegleitenden Deutschkurse stehen auch geflüchteten Hochschul Lehrern und Dozenten zur Verfügung.

Das IZU hat u. a. auch von ukrainischen Studierenden ins Leben gerufene Spendenaktionen und private Spendensammlungen an der TUBAF aktiv unterstützt. So wurden Sachspenden in Form von Kleidung, Haushaltsartikel, medizinische Artikel und Lebensmittel im IZU für die ukrainischen Landsleute in der Heimat gesammelt.

Unmittelbar nach Kriegsbeginn wurde auf Initiative des Rektorates eine Ukraine-Arbeitsgruppe gegründet, welcher Hochschullehrer und administrative Einheiten mit starkem Arbeitsbezug zur Ukraine bzw. ukrainischer Nationalität angehören (vgl. Beitrag ab S. 161). Eine führende Rolle nimmt hier Frau Prof. Dr. Volkova ein. Diese Arbeitsgruppe möchte die Unterstützungs-Aktivitäten erweitern, erfassen und bündeln, um auf aktuelle Bedarfe zielgerichtet reagieren zu können.

Über die Stiftung „Innovation in der Hochschullehre“ wird z.B. unter Federführung des Prorektors für Strukturrentwicklung, Prof. Dr. Urs Peuker, das Projekt „Suuport“ gefördert: Für Studierende in der Ukraine wurde begonnen, ein virtuelles Lehrangebot an der TU Bergakademie Freiberg zu entwickeln, welches die Ausbildung in der Ukraine, die teilweise unter extrem schwierigen Bedingungen stattfindet (wenn überhaupt), sinnvoll ergänzen soll.

So unterstützt z.B. auch die Professur Bergbau-Tagebau aktiv Flüchtlinge (Studierende/Wissenschaftler) aus der Ukraine. Die seit Jahrzehnten sehr guten Beziehungen der TU Bergakademie Freiberg zu ukrainischen Hochschulen, insbesondere in Dnipro und Zhytomir, ermöglichen einen schnellen Kontakt bei der Konzipierung von Hilfsprogrammen. Mitarbeiter der Professur Bergbau-Tagebau machten sich nach dem Kriegsausbruch am 24.02.2022 sofort auf den Weg, um Flüchtlinge an der polnischen



Dreisprachiger (Deutsch, Englisch, Ukrainisch) Flyer mit Informationen für geflüchtete Studieninteressierte aus der Ukraine

Grenze aufzunehmen und nach Deutschland/Freiberg zu bringen.

Die Professur konnte ferner über Bewilligungen aus diversen DAAD-Programmen Hilfe leisten. So konnten jeweils drei Studierende an der TU Dnipro und an der TU Zhytomir über das Leonard-Euler-Programm des DAAD unterstützt werden. Das Programm richtet sich an Studierende an der Partnerhochschule in der Ukraine. Studierende erhalten hier, für ihr Studium vor Ort, ein Stipendium, zudem wird ein einmonatiger Aufenthalt an der Partnerhochschule in Deutschland finanziert, der in der Regel mit dem Verfassen der Abschlussarbeit verbunden ist. Reisemittel ermöglichen auch den fachlichen Betreuern einen Austausch mit dem Partner vor Ort. Die Professur Bergbau-Tagebau hat eine Bewilligung in diesem Programm erhalten und unterstützt

Ein weiteres Projekt wurde im DAAD Programm „Ukraine digital: Studierende folgt bin Krisenzeiten sichern“ bewilligt. Das Programm sieht mehrere Förderlinien für ukrainische Studierende, Wissenschaftler und Lehrende vor, u. a.:

- Stipendien für Studierende in der Ukraine, die nicht am Studienort sein können, und für Flüchtlinge in Deutschland, die in der Ukraine weiter studieren
- Unterstützung für Lehrende in der Ukraine, die nicht an ihrer Hoch-

schule sein können, und für Flüchtlinge in Deutschland, zum Aufbau von Online-Lehrangeboten für die Heimatuniversität

- Finanzierung ukrainischer Wissenschaftler in Deutschland mit Flüchtlingsstatus zur Fortsetzung der wissenschaftlichen Arbeiten

Das Projekt wurde durch ein Konsortium deutscher Hochschulen unter Leitung der BTU Cottbus/ Senftenberg gestellt, die traditionell sehr eng mit der TU Dnipro zusammenarbeiten. Konsortialpartner sind neben der TUBAF die TU Dresden und die Hochschulen in Reutlingen und Esslingen. Weiterer Partner auf ukrainischer Seite ist die TU in Charkiv. An der TU Bergakademie Freiberg sind die Professur Bergbau-Tagebau und das Institut für Biowissenschaften verantwortlich für die Umsetzung.

In welcher Intensität und Umfang die Arbeit einer von Professor Drebendstedt (Professur Bergbau-Tagebau) geleiteten Expertengruppe mit Vertretern aus der Ukraine, Russland und den Gebieten Lugansk und Donezk, die Probleme der Umweltsicherheit, insbesondere im Zusammenhang mit dem Grundwasserwiederanstieg in der Kohleregion Donbass an der Trennlinie zwischen kontrolliertem und nicht kontrolliertem Gebiet der Ukraine, untersucht, und hierfür Ursachen und Schwerpunkte ermittelt sowie Vorschläge für die Behebung von

Umweltschäden erarbeitet, Fortführung finden kann, wird sich in den nächsten Monaten zeigen.

Das IUZ hat mit ukrainischen Studieninteressierten (übrigens auf Deutsch (!)) gesprochen - und dabei Interessantes über Werdegänge, Hoffnungen, Wünsche, Kritik, Erfahrungen usw. erfahren:

### Interview mit Herrn Vladyslav Dorota



**IUZ:** Vielen Dank für Ihre Bereitschaft für ein Interview, Herr Dorota. Können Sie uns etwas zu Ihrem bisherigen Werdegang sagen?

**Herr Dorota:** Ich habe 4 Semester als Informatik-Student an der Taras Shevchenko National University of Kyiv am Department of Computer Engineering im Programm "Computer Systems and networks" studiert. Seit dem 6. April dieses Jahres bin ich in Freiberg. Ich hatte das Glück, dass ich bereits zwei Wochen nach meiner Ankunft in Freiberg die IUZ-Mitarbeiterin Manuela Junghans kennengelernt habe. Sie hatte ein Zimmer ihrer Wohnung in einem Internetportal einer Flüchtlingshilfegruppe angeboten. Dort konnte ich zwei Monate wohnen, bis ich von der Städtischen Wohnungsgesellschaft (SWG Freiberg) eine Wohnung erhalten habe. Zuerst habe ich finanzielle Unterstützung von der Ausländerbehörde, dann vom Jobcenter erhalten.

#### Was vermissen Sie am meisten?

Meine Familie und Freunde. Mein Vater ist zuhause in der Ukraine und kann nicht dauerhaft nach Freiberg kommen. Er ist aber schon zwei Mal zu Besuch in Freiberg gewesen.

#### Was gefällt Ihnen an der TUBAF?

Im Deutschkurs sind freundliche Leh-

rer, die auch von der TUBAF erzählt haben. Das Studien-System gefällt mir und glücklicherweise hat die TUBAF meine Studiensemester aus der Ukraine anerkannt.

#### Was gefällt Ihnen an Freiberg?

Die Stadt ist nicht so groß - ähnlich wie meine Heimatstadt „Horischni Plawni“ in der zentralukrainischen Oblast Poltawa.

#### Wie sind Sie nach Freiberg gekommen?

Freunde waren schon hier vor Ort. Sie haben mir gesagt, dass ich auch hierher kommen und wahrscheinlich auch studieren kann.

#### Was gefällt Ihnen an Deutschland?

Die Sicherheit! Ich fühle mich sicher! Deutschland hilft den Menschen sehr gut.

#### Waren Sie vorher schon in Deutschland?

Ich habe drei Monate in Augsburg gewohnt und eine deutsche Schule besucht. Schon vor dem Ukraine-Krieg wollte ich in Deutschland studieren. Aber dann kam Corona dazwischen und es war nicht mehr möglich ein Studentenvisum zu erhalten. Ich hatte bereits alle notwendigen Prüfungen am Studienkolleg Karlsruhe bestanden.

#### Was gefällt Ihnen nicht in Deutschland? Was sind Probleme bzw. Herausforderungen?

Es gibt viel mehr Bürokratie und Regeln in Deutschland. In der Ukraine geht alles schneller. Was auch ungewohnt ist: In der Ukraine gründen wir früher eine Familie und arbeiten auch schon eher.

#### Was würden Sie sich an Unterstützungsmöglichkeiten noch wünschen?

Wir erhalten Unterstützung für Wohnen und Essen, aber auch andere Kosten müssen wir bezahlen wie z. B. Strom, Transport. Bis Ende Mai galt die Regelung Pass = Ticket zur deutschlandweiten freien Fahrt im Öffentlichen Nahverkehr. Seit 1.6. ist es möglich das 9-Euro-Ticket zu erwerben - allerdings gilt es für den Fernverkehr nicht. Insgesamt wäre eine schnellere Unterstützung wünschenswert. Wir mussten erst im Hotel wohnen und selbst zahlen. Als wir eine Wohnung in Aussicht hatten, mussten erst alle Unterlagen besorgt werden, bis wir einziehen konnten. Das ist für uns unverständlich.

#### Wie klappt es mit der Verständigung auf Deutsch?

Es ist hilfreich im Alltag Deutsch zu sprechen. Man übt automatisch z. B. bei Gesprächen mit der Ausländerbehörde. Viele Ukrainer benötigen Dolmetscher

und Übersetzer, ich nicht.

#### Wie gefallen Ihnen die Deutschkurse an der TUBAF? Wie sind Ihre Erfahrungen?

Ich habe bereits an einen B2-Deutschkurs der TUBAF teilgenommen. Nun freue ich mich sehr auf meinen C1-Kurs, der mit denselben Teilnehmern weitergeführt wird. Die Deutschkurse sind sehr gut, sie werden aus dem DAAD-Projekt INTEGRA finanziert und vom Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V. kofinanziert. Ich bin der einzige Ukrainer im Kurs. Die anderen Teilnehmer kommen aus China, Syrien, Indien und wollen ein Masterstudium beginnen. Ich bin der jüngste im Kurs und der einzige, der im Bachelor studieren will. Der Kurs dauert bis September - ab Oktober hoffe ich dann die Zulassung zum Studium zu erhalten (Anmerkung der Redaktion: Zwischenzeitlich hat er die Zulassung erhalten für den Bachelor-Studiengang „Angewandte Informatik“ an der TUBAF).

#### Welche Sprachen sprechen Sie?

Ukrainisch, Russisch, Englisch und Deutsch, wobei Deutsch sehr schwer für mich ist und ich insbesondere die Artikel lernen muss. Ich habe in der Schule ein Jahr Deutsch und später weiter bei einem Privatlehrer gelernt. Ein Stipendium vom Goetheinstitut half mir ebenfalls. So hatte ich genügend Voraussetzungen, um zum Studium nach Deutschland zu kommen. Allerdings ist dafür das Sprachniveau C1 Bedingung, weshalb ich jetzt hier in Freiberg noch die entsprechenden Kurse besuche.

#### Was sind Ihre weiteren Pläne?

Ich möchte im Bachelor Angewandte Informatik an der TUBAF studieren. Ich hoffe, dass die Situation in der Ukraine besser wird und ich irgendwann dorthin zurückkehren kann. Falls erforderlich, bleibe ich auch noch zum Masterstudium in derselben Fachrichtung in Freiberg. Ich habe in der Ukraine bereits ein Jahr als iOS-Developer gearbeitet. Ich könnte überall auf der Welt arbeiten - online - aber ich möchte in die Ukraine zurück.

#### Welche Unterstützungsangebote haben Sie genutzt bzw. welche Unterstützung erhalten?

Wir haben Unterstützung bei der Wohnungssuche erhalten und bei den Deutschkursen. Das IUZ hat mich über Studimöglichkeiten an der TUBAF beraten. Manuela Junghans vom IUZ hat mich durch die Aufnahme in ihre Wohngemeinschaft sehr unterstützt und auch

darüber hinaus sehr viel geholfen.

**Welche Hobbies haben Sie und können Sie diesen in Freiberg nachgehen?**

Ich gehe gerne ins Fitness-Studio und spiele Gitarre. Trainieren kann ich im „Aktiv am Dom“, meine Gitarre habe ich leider nicht in Freiberg dabei. Außerdem programmiere ich auch in meiner Freizeit gerne. Es ist schwer für mich, hier neue Freunde zu finden. Die meisten habe ich im Sprachkurs und an der TUBAF kennengelernt.

**Wir danken vielmals für das ausführliche Interview, welches auf Deutsch geführt wurde, und wünschen alles Gute und viel Erfolg für den Deutschkurs und das Studium.**

### Interview mit Frau Tetiana Kotovska



Foto: Philipp Röder/IUZ

**IUZ:** Vielen Dank für Ihre Bereitschaft für ein Interview, Frau Kotovska. Können Sie uns zur Einführung etwas zu Ihrem bisherigen Werdegang sagen?

**Frau Kotovska:** In der Ukraine habe ich zwei Abschlüsse erworben: Bachelor of Law und Magister in Wirtschaftswissenschaften. Ich habe als Rechtsanwältin gearbeitet, u.a. bei Remondis. Im März bin ich als Flüchtling nach Sachsen angekommen. Schon im April habe ich einen Job gesucht, da ich unbedingt arbeiten wollte. Seit 1. Mai arbeite ich halbtags in der Anwaltskanzlei Michèle Heinitz als Büromitarbeiterin bzw. Juristin. Ich habe schnell verstanden, dass ich meine Deutschkenntnisse verbessern will und muss. Zunächst habe ich bei der Bildungseinrichtung SBH Südost GmbH nach einem Deutschkurs gefragt. Allerdings ist dies dort nur möglich mit einem

Antrag vom Jobcenter. Aber ich habe den Tipp erhalten, mich an die TUBAF zu wenden. Frau Bellmann, Koordinatorin Deutsch als Fremdsprache an der TUBAF, informierte mich, dass ich auch studieren könnte und sofern ich eine Zulassung zum Studium erhalte, im Rahmen des Studiums einen C1-Kurs machen kann.

#### Was vermissen Sie am meisten?

Die normale persönliche menschliche Kommunikation mit Familie und Freunden. Ich habe leider keine Zeit für WhatsApp oder viele Videoanrufe. Mein Alltag als Mutter, Studentin und Mitarbeiterin ist sehr ausgelastet. Von 7 bis 8.30 Uhr arbeite ich, von 9 bis 14 Uhr studiere ich, von 15 bis 16.30 Uhr arbeite ich erneut, danach bin ich noch in der Bibliothek (da es viele Hausaufgaben gibt). Zum Glück hilft meine Mutter bei der Betreuung meiner 1,5-jährigen Tochter. Ab Herbst habe ich einen Kita-Platz in Niederbobritzsch, wo ich wohne. In der Ukraine konnte ich ein normales Leben führen: gute Arbeit, gutes Gehalt, gute Lebensqualität, gute Rahmenbedingungen etc. Hier musste ich bei null anfangen und mir alles neu aufbauen. Mit einem kleinen Kind in einem fremden Land ist dies nicht einfach. Zudem vermisste ich das Gefühl von medizinischer Sicherheit. In der Ukraine konnte ich während der Arbeit auch flexibel zum Arzt gehen und wurde dort schnell ohne Warten/Termine und trotzdem mit mehr Konsultationszeit behandelt. Insgesamt war der Lebensstandard im Verhältnis in der Ukraine für mich besser. Natürlich gibt es in der Ukraine auch Nachteile wie z. B. Korruption.

#### Was gefällt Ihnen an der TUBAF?

Im Vergleich mit der Ukraine fällt mir das Lernen hier leichter. Der Prozess ist anders. In der Ukraine ist es anstrengender und ernster, z. T. auch langweilig, hier unterrichten die Lehrer interessanter. Sie versorgen uns mit umfangreichen Infos, die auch über die „normalen“ Lehrinhalte hinausgehen. Sehr dankbar bin ich meinen Deutsch-Lehrerinnen am IUZ, Frau Siemer und Frau Bey. Außerdem bin ich sehr dankbar, dass Deutschland die Kosten für das Studium und den Deutschkurs übernimmt. Der Sprachkurs findet mit sehr gutem Equipment und in einem neuen Gebäude statt.

#### Was gefällt Ihnen an Freiberg bzw. Niederbobritzsch?

Freiberg ist eine schöne alte Stadt mit viel Ruhe und Natur. Niederbobritzsch ist ein schönes Dorf mit sehr guten Trans-

port- und Infrastrukturbedingungen (Zug/Bus, Kita, Schule, Edeka, Ärzte, Apotheke), außerdem gibt es viele Feste. In der Ukraine empfand ich das Leben stressiger und die Arbeit anstrengender. Sachsen insgesamt ist eine sehr schöne Region.

#### Wie sind Sie nach Freiberg bzw. Niederbobritzsch gekommen?

Ich wollte Risiken vermeiden für mein Kind. Ich arbeitete in Kiew bei einer ukrainischen Firma mit deutschen Besitzer. Dieser hat es mir ermöglicht, dass ich mit dem Dienstwagen die Ukraine verlassen konnte. Der kürzeste Weg aus der Ukraine führte über Moldawien. Ursprünglich wollte ich von dort nach Italien, aber dann bin ich zum Wohnsitz des Firmenbesitzers in Niederbobritzsch gefahren. Mein bisheriges Arbeitsverhältnis mit dieser Firma ruht aktuell, aber ggf. werde ich zukünftig mit dem Firmenbesitzer in der Ukraine zusammenarbeiten.

#### Was gefällt Ihnen an Deutschland?

So viele Menschen haben mir geholfen, waren nett, freundlich und hilfsbereit. Ganz besonders danken möchte ich Herrn André Mütze von der Gemeinde Bobritzsch-Hilbersdorf und meiner derzeitigen Arbeitgeberin Frau Michèle Heinitz – ohne ihre Hilfe wäre es schwieriger gewesen. In Deutschland gefällt mir die Natur. Es ist alles gepflegt, schön. Alles ist strukturiert und geordnet sowie geregelt.

#### Waren Sie vorher schon in Deutschland?

Schon als Kind war ich mehrmals in Deutschland. Ich habe in einem ukrainischen Chor gesungen und wir hatten internationale Auftritte. In der Ukraine habe ich eine Polizeiakademie absolviert und in dieser Zeit gab es fachlichen Austausch mit Deutschland und Konferenzen in Deutschland. Auch privat bin ich z. B. schon nach Dresden oder Nürnberg gereist. Ich hatte damals sogar ein Stellenangebot in Deutschland in Essen, was ich aber abgesagt hatte, da ich nicht aus der Ukraine wegziehen wollte.

#### Was gefällt Ihnen nicht in Deutschland? Was sind Probleme bzw. Herausforderungen?

In der Ukraine geht vieles schneller.

#### Was würden Sie sich an Unterstützungs möglichkeiten noch wünschen?

Meiner Meinung nach haben wir schon alles an Hilfe bekommen. Ich habe eine Wohnung erhalten inklusive Renovierung und Möbel, ebenso habe ich Hilfe erhalten, eine Kita zu finden usw. Und

der Staat hilft auch. Sogar die EU, indem sie die ukrainischen Führerscheine verlängert hat. Was besser wäre, wenn wir weiter kostenlos oder kostengünstig (wie im Sommer mit dem 9-Euro-Ticket) den ÖPNV nutzen könnten.

#### Wie klappt es mit der Verständigung auf Deutsch?

Insgesamt klappt es gut. Am Telefon ist es für mich schwieriger als im persönlichen Gespräch zu verstehen, was mein Gegenüber sagt. Sehr hilfreich ist mein Wörterbuch im Handy.

#### Welche Sprachen sprechen Sie?

Ukrainisch, Russisch, Englisch, Deutsch, Italienisch und Französisch.

#### Wo haben Sie angefangen Deutsch zu lernen?

Seit 2006 habe ich am Goetheinstitut in der Ukraine und später bei Privattutoren Deutsch gelernt bis zum Niveau C2. Allerdings habe ich vieles vergessen, da ich mehr Englisch gesprochen habe.

#### Was sind Ihre weiteren Pläne?

Falls ich in die Ukraine zurückkehren

kann, würde mich der Bereich erneuerbare Energien interessieren, da dies ein Bereich ist mit Perspektive - überall auf der Welt. Zudem ist er mit ökologischen, sozialen sowie wirtschaftlich-rechtlichen Aspekten verbunden. Ich könnte mir auch vorstellen für eine deutsche Firma in der Ukraine zu arbeiten. Falls ich nicht in die Ukraine zurück kann, verspreche ich mir von meinem Deutschkurs und Studium bessere Chancen für einen „normalen“ Job in Deutschland, der über eine Bürotätigkeit hinausgeht. Früher habe ich 10-Jahres-Pläne gehabt - heute sind die Pläne leider deutlich kürzer ausgelegt.

#### Welche Unterstützungsangebote haben Sie genutzt bzw. welche Unterstützung erhalten?

Anfangs habe ich Sozialhilfe erhalten. Die Krankenversicherung wird bezahlt. Das Jobcenter zahlt einen Teil der Kosten für die Wohnung. Studium und Sprachkurs werden bezahlt. Zudem erhalte ich Kindergeld.

Die IUZ-Mitarbeiter Herr Mohamad Al Zoabi und Frau Kerstin Bellmann (und noch viele andere) haben mir sehr geholfen. Sie haben mir den Prozess der Bewerbung für ein Studium an der TUBAF erklärt. Sie waren immer im Kontakt und Austausch mit mir. Herr Al Zoabi informierte mich sofort über meine Zulassung und durch ihn habe ich schnell meine Unterlagen anerkannt bekommen.

#### Welche Hobbies haben Sie und können Sie diesen in Freiberg nachgehen?

Ich lerne gerne neues: Motorradfahren, Malen, Sprachen. Außerdem lese ich gerne, spaziere und reise viel.

(Anmerkung der Redaktion: Zwischenzeitlich hat sie die Zulassung für das Studium erhalten und studiert an der TUBAF).

Wir danken vielmals für das ausführliche Interview, und wünschen alles Gute und viel Erfolg für den Deutschkurs und das Studium.

## Unterstützung Ukrainischer Hochschulen durch Freiberger Lehrende

Willem Zank



Als Ende Februar der Krieg in der Ukraine ausbrach, waren trotz der erkennbaren Vorzeichen die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der TU Bergakademie im Anblick dieser ungehemmten Aggression geschockt. Neben Entsetzen konnte man aber auch schnell eine deutliche Bereitschaft zur solidarischen Hilfe in der Belegschaft wahrnehmen. Bei den sich überschlagenden Schreckensnachrichten breitete sich aber eine gewisse Hilflosigkeit bei der Frage aus, was Kollegen und Kolleginnen aus Freiberg praktisch tun können um wirksame Unterstützung zu leisten.

So auch bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des EIT RawMaterials - Regional Center Freiberg (RCF) - einer zentralen Einrichtung der TU Bergakademie Freiberg, die als zentrales Büro die Verbindungsstelle zwischen Universität und dem weltweit größten und bedeutendsten Konsortium im Bereich Rohstoffe darstellt, das das Ziel verfolgt, das Wachstum

und die Attraktivität des europäischen Rohstoffsektors zu stärken. Das EIT Team war direkt betroffen, da hier intensiv an einem Hochschulprojekt gearbeitet wurde, bei dem die Nationale Bergbauuniversität der Ukraine - Dnipro University of Technology (DUT) Kollaborationspartner ist. Einer ukrainischen Kollegin wurde kurzerhand die Flucht nach Freiberg ermöglicht und abteilungsübergreifend trugen viele Kolleginnen und Kollegen dazu bei, die fünfköpfige Familie in Freiberg unterzubringen und willkommen zu heißen. Nachdem die Familie zur Ruhe gekommen war, ergab sich schnell in direkten Gesprächen die Notwendigkeit, die Ressourcen der Hochschule zu nutzen, um weitere Unterstützungsprojekte auf den Weg zu bringen.

Durch die enge Verknüpfung des RCF mit der e-Learning-Abteilung der Universität und dem Prorektorat Strukturentwicklung bot es sich an, solche ukrainischen Hochschulen zu unterstützen, die aufgrund der Kampfhandlungen ihre Lehre nicht mehr in Präsenz durchführen können, sondern komplett auf die virtuelle Lehre in Onlineformaten zurückgeworfen wurden und mit diesen eine

langfristige Kooperation anzustreben.

Das Prorektorat Strukturentwicklung unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker, welches bereits bestehende Projekte zur Digitalisierung mit der „Stiftung Innovation in der Hochschullehre“ betreut, übernahm die Initiative und skizzierte das konkrete Vorhaben den Stiftungsverantwortlichen mit dem Ergebnis, dass es schnellstmöglich im Rahmen der hierdurch organisierten Sonderförderung „Lernen und Lehre sichern. Fokus Ukraine“ eingereicht und bewilligt werden konnte.

Kern des Projekts mit dem Titel „SUUUpoRT - Strukturelle Unterstützung Ukrainischer Universitäten bei Aufrechterhaltung und Wiederaufbau der Hochschullehre im Bereich Ressourcen und Technik“ ist, dass die TU Bergakademie Freiberg einen Beitrag leistet, den Hochschulbetrieb in der Ukraine aufrecht zu erhalten. Dies soll möglichst flexibel geschehen, da ein solches Unterstützungsprojekt in Kriegszeiten zwangsläufig von unvorhergesehenen Entwicklungen betroffen ist. Durch Wegbrechen der nötigen Infrastruktur und Personalausfällen - z. B. durch Flucht oder Kriegsschäden - kommt es vermehrt zum Ausfall von Lehr-

veranstaltungen. Diesen Mangel gilt es vorübergehend virtuell auszugleichen und so eine Fortführung des Studiums und der Lehre zu gewährleisten. Im Rahmen der zunehmenden Virtualisierung des Studienangebots der TU Bergakademie Freiberg soll dafür kurzfristig Not hilfe geschaffen und der Zugang zu Kursangeboten unserer Hochschule für Studierende der Ukraine geöffnet werden. Neben Sofortzugang zu bestehenden Kursen (der Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften) in englischer Sprache, soll mittelfristig ein virtuelles Zusatzangebot zu den ukrainischen Online-Studiengängen unter Einbezug der teils über Europa verteilten ukrainischen Dozent:innen aufgebaut werden. Die ukrainischen Projektpartner der DUT und verpartnerter Universitäten haben uns bereits die dringlichsten Bedarfe gemeldet, welche idealerweise im virtuellen Hilfsangebot enthalten sein sollten. Dieses Hilfsangebot soll solange aufrechterhalten werden, bis nach Kriegsende ein von uns ebenso begleiteter Wiederaufbau der Lehr- und Lernmöglichkeiten vor Ort möglich ist.

Das Hochschulstudium der Ukraine ist eine der vielen Strukturen, die aufgrund des Krieges und der Flucht von Universitätspersonal und Studierenden eine neue Form finden muss. Die Einschränkungen des Präsenzbetriebs während der Pandemie haben auch bei ukrainischen Hochschulen einen enormen Kompetenzaufbau im Bereich digitaler Lehre verursacht. Der Kriegsausbruch hat das Hochschulsystem besonders in der Ost-Ukraine nun gänz-

lich auf den virtuellen Raum zurückgeworfen. Das ukrainische Hochschulsystem braucht Hilfe bei der Lösung kurz- bis mittelfristiger Herausforderungen und auf lange Sicht gesehen ein Konzept für die Rückführung der gefundenen Lösungen zurück in ukrainische Regionalsysteme im Zuge eines Wiederaufbaus, welches gewonnene Mehrwerte und Kooperationen übernimmt. Es ist dabei überaus wichtig, die Souveränität des ukrainischen Hochschulsystems zu wahren und eine Abwanderung aus diesem nicht zu begünstigen. Dies ist besonders deswegen so wichtig, weil viele andere Hilfsangebote aus Europa ukrainischen Studierenden eine Lehre an EU-Hochschulen anbieten und somit den sogenannten „Brain Drain“ der Region verstärken. Die Kolleg:innen der TU BAF sind überzeugt, dass jede Hilfe so beschaffen sein muss, dass bestehende Systeme aufrechterhalten werden, so dass nach Kriegsende nicht ein kompletter Neuaufbau der lokalen Hochschullehre nötig ist.

Daher verfolgt das SUUUpoRT-Projekt auch schon gleich einen regenerativen Ansatz, welcher die Rückführung in die ukrainische Präsenzlehre mit digitalen Ergänzungsangeboten gleich mitdenkt. Sobald der Krieg ein Ende findet, soll schnellstmöglich wieder ein universitärer Alltag und studentisches Leben in den betroffenen Regionen stattfinden. Die geschaffenen Angebote aus Freiberg bleiben solange online bestehen und werden in einen hybriden Mix aus Vor-Ort-Angeboten und Online-Ergänzungen eingebunden, bis sie sukzessive als langfristige Kooperationen

integriert oder durch besser geeignete Alternativformate ausgetauscht werden. Wichtig ist auch der Aufbau und Erhalt der kollegialen und fachlichen Kooperationen. Das dank der Projektförderung gefundene binationale Team in Freiberg soll die erschlossenen Netzwerke und die neuartigen Angebote und Prozesse weiterentwickeln und eine Grundlage schaffen für gemeinsame Forschungsvorhaben und zukünftige Lehraktivitäten, die beiden Seiten Mehrwerte bieten.

Derzeit ist das Projektteam noch bemüht, möglichst vielseitige und attraktive Angebote von Lehrenden an der TU BAF zu integrieren und freut sich über wachsende Bereitschaft der Kolleg:innen Lehrbeiträge für die ukrainischen Partner zu erstellen. Das Programm von SUUUpoRT soll so kontinuierlich wachsen. Die Bedarfe sollen durchweg aktualisiert werden, um größtmögliche Unterstützung bei der Fortführung der ukrainischen Hochschullehre zu garantieren. Allerdings ist der Kriegsverlauf noch unabsehbar, weshalb das Projektteam auch weiterhin agil und situationsgerecht reagieren wird und die Projektaktivitäten nach Dringlichkeit flexibel anpasst. In erster Priorität gilt es – um den Krieg zu überstehen – sicherzustellen dass die ukrainische Online-Lehre auf die nötige Unterstützung zählen kann. Nur so kann das Land nach Kriegsende über eine funktionale Hochschullandschaft verfügen und so die Ausbildung der zukünftigen Fachkräfte sichern. Dazu möchten wir in Zusammenarbeit mit den anderen geförderten Hochschulen einen Beitrag leisten.

## EIT RawMaterials Herbstschule „From Dredging to Deep Sea Mining“ in Norwegen erfolgreich

**Sebastian Rossow, Carsten Drebendstedt**



Endlich wieder Präsenz-Teilnahme an der Herbstschule in Trondheim 2022

Unter dem Titel „From Dredging to Deep-Sea Mining“ fand in Trondheim

(Norwegen) zwischen dem 19. und 23. September 2022 zum mittlerweile 8. Mal eine Internationale Herbstschule statt. Ziel war es internationales Wissen zum Unterwasserbergbau – in der Tiefsee (ab ca. 2.000m) und im Flachwasser (Dredging) bis ca. 200m – zu bündeln, Interesse unter den Studierenden zu den spannenden Themen zu wecken und Interessenten weiterzubilden. In den vergangenen Jahren hat sich die TU Bergakademie gemeinsam mit Partnern, wie der TU Delft, der Mon-

tanuniversität Leoben, der Norwegian University of Science and Technology (NTNU), der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und dem Helmholtz-Institut GEOMAR zu einem Kompetenzzentrum auf dem Themengebiet des Tiefseebergbaus entwickelt und versteht sich als Förderer der europäischen Vernetzung.

Diese Herbstschule bildet den Abschluss eines 3-jährigen durch das Europäische Institut für Innovation und Technologie in der Wissens- und Inno-

vationsgemeinschaft „Rohstoffe“ (EIT RawMaterials) geförderten Projekts. Die Wahl des Austragungsorts Trondheim mit der NTNU ist symbolträchtig und steht für den Aufbruch Norwegens in das Kapitel der Vergabe von Lizenzen für die Exploration des Tiefseemeeresbodens vor der norwegischen Küste im Bereich der exklusiven Wirtschaftszone (200 Seemeilen) im Jahr 2022.

Im Rahmen der Herbstschule 2022 kamen – nach den pandemiebedingten Online-Sommerschulen in den Jahren 2020 und 2021 – zum ersten Mal wieder mehr als 50 interessierte Studierende, Promovierende und Fachleute aus Ländern wie Polen, Norwegen, Peru, Italien, Deutschland, Frankreich, Mongolei und Niederlanden zum Austausch, Lernen und Diskutieren in Präsenz zusammen. Von der TU Bergakademie Freiberg reisten insgesamt neun Studenten persönlich nach Norwegen und weitere drei nahmen online teil.



Teilnehmer an der Exkursion zum Norwegischen Geologischen Dienst

Inhaltlich ging es um Prozesse der Rohstoffgewinnung unter Wasser mit den Schwerpunkten Tiefsee und Flachwasser. Die in englischer Sprache angebotenen Vorträge von nationalen und internationalen Referenten befassten sich mit rechtlichen Bedingungen und Genehmigungsverfahren, technischen Lösungen für die Gewinnung, Förderung und Aufbereitung von Rohstoffen aus dem Meer sowie Wirtschaftlichkeit und Umweltbelangen. Thematische Besichtigungen, Exkursionen, Diskussionsrunden und Gruppenarbeit ergänzten das Programm. Die Gruppenarbeit diente gleichzeitig als Bewerbung für die bevorstehende Fachkonferenz „Deep Sea Minerals“ in Bergen vom 26.-27. Oktober 2022 mit einem ausgelobten Preisgeld von 10.000 NOK.

Zusätzlich zu der Online-Teilnahme mittels Livestream und der Teilnahme in Präsenz stehen den Teilnehmern auf Abruf nun fast 20 Stunden Vorlesungsmaterial zur Verfügung und vervollständigen die multimediale Wissensvermittlung in diesem Fachgebiet.

In den drei Jahren, in denen das Projekt finanzielle Unterstützung erhielt, konnte das Projektteam um Prof. Dr. Carsten Drebendstedt neben den universitären Kontakten insbesondere engere Beziehungen zu der International Seabed Authority (ISA), die im Auftrag der Vereinten Nationen die Bergbauaktivitäten in internationalen Gewässern koordiniert, zu Inhabern von Explorati-



Professor Przemyslaw Kowalcuk (links) von der NTNU hat die Herbstschule in Trondheim sehr gut organisiert

onslizenzen u.a. in der Clarion-Clipper-ton-Zone und zu Vertretern des marinen Bergbaus aufbauen. Diese Netzwerke und das darüber gebündelte Wissen sollen auch zukünftig der Ausbildung von Fachleuten und Forschenden im Tiefseebergbau zugute kommen. Dabei ist neben technisch-technologischen Fragestellungen zur Beherrschung der extremen Bedingungen auch der Erkenntnisfortschritt bei der Bewertung von Umweltauswirkungen in der Tiefsee ein besonderer Schwerpunkt.

Bereits seit 2015 organisiert die Professur Bergbau-Tagebau an der TU Bergakademie Freiberg – zunächst zur Erschließung von Sapropel als wertvollen Rohstoff in der Tiefe des Schwarzen Meeres (bis ca. 2.000 m) – mit den Anrainerstaaten aus Rumänien, Russland, Bulgarien und der Ukraine sowie der Slowakei und Polen regelmäßig eine Sommerschule für Studierende.

## Motiviert? Frustriert? Erfolgreich? Wie es ausländischen Studierenden in Deutschland und Freiberg geht

Ingrid Lange

Eine BMBF-Studie untersuchte erstmals umfassend die für den Studienerfolg oder -abbruch ausländischer Studierender maßgeblichen Faktoren. Sie nahm dazu auch die TU Bergakademie in den Blick, denn ein Teil der Befragten kam bzw. kommt von hier.

In Deutschland bricht knapp die Hälfte der internationalen Bachelor- sowie ein Viertel der internationalen Masterstudierenden das Studium vorzeitig ab (Abb. 1). Gleichzeitig ist jedoch die Attraktivität des Studienstandorts Deutschland ungebrochen bzw. nimmt stetig zu. Laut Statistischem Bundes-

amt nahm von 2011 bis 2021 deutschlandweit die Anzahl der internationalen Studierenden um 76 % zu (bei deutschen Studierenden um 29%). Insgesamt betrug der Anteil ausländischer Studierender in Deutschland im WS 20/21 11 %; die TU Bergakademie liegt mit ca. 40 % weit über diesem Schnitt. Die größte Gruppe kommt dabei aus Indien (Abb. 2).

Über die Rolle der Politik und der Hochschulen im Rahmen der internationalen Vermarktung Deutschlands als Studienziel für ausländische Studierende reflektiert der renommierte Bil-

dungsforscher Dr. Ulrich Heublein vom Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Das folgende, auf ihn zurückgehende Zitat könnte als Leitmotiv für die Arbeit mit ausländischen Studierenden stehen: „Nicht vergessen werden darf auch, dass diese jungen Leute nicht nur aus Studieninteresse kommen, sondern auch, weil sie eingeladen wurden. Sie haben im Internet, auf Flyern und in Broschüren gelesen, dass sie willkommen sind, dass sich die deutschen Hochschulen über ihre Bewerbung freuen. Sie haben Bilder gesehen von glücklichen Studie-

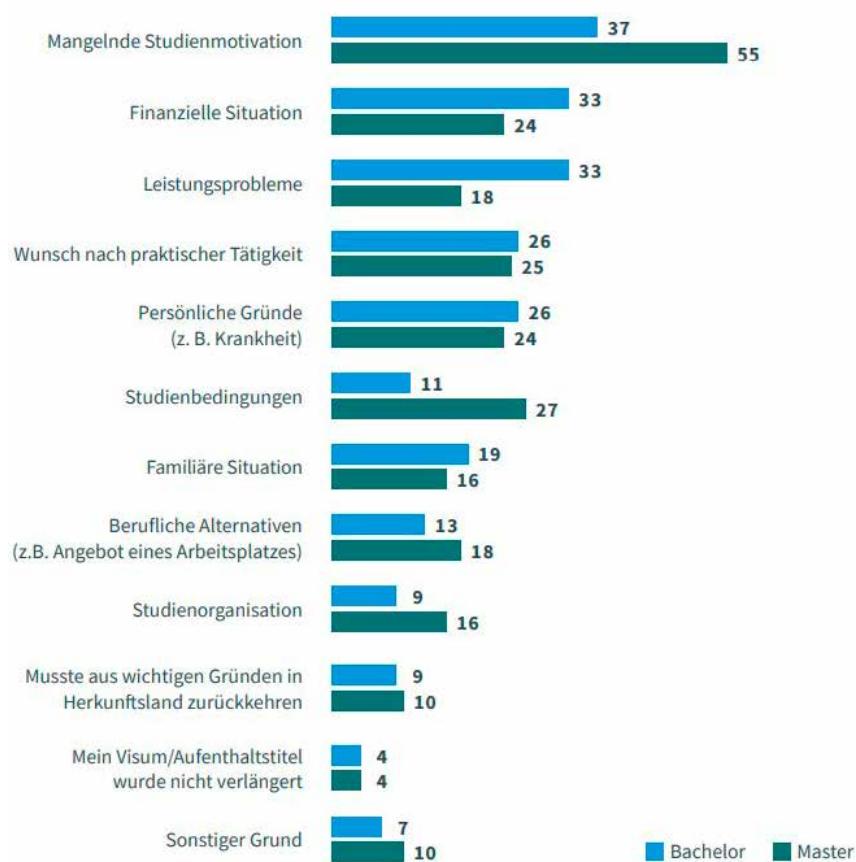


Abb. 1: Studienabbruchgründe nach Abschlussart (in Prozent); Quelle: Heublein et al. (2020)

renden und von modern ausgestatteten Instituten; diese kommen ihnen vor wie ein Glücksversprechen.<sup>1</sup>

In sehr vielen Fällen unterstützen die Familien ihre daraufhin nach Deutschland gegangenen ausländischen Studierenden, in dem sie sich hoch verschulden.

### Phasen des Studiums in Deutschland

Der Beginn eines Lebensabschnitts in einem anderen Land, einer anderen, unbekannten Kultur: Das stellt wohl für jeden eine Herausforderung dar. Auch für internationale Studierende gibt es beim Studienstart in Deutschland so einige Hürden zu überwinden. Bereits in dieser Phase werden die Weichen für ein erfolgreiches oder eben *nicht* erfolgreiches Studium gestellt. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsprojekt „Studienerfolg und Studienabbruch bei Bildungsausländern in Deutschland im Bachelor- und Masterstudium“

(SeSaBa)<sup>2</sup> untersuchte erstmals umfassend die Faktoren für den Studienerfolg oder -abbruch internationaler Studierender. Die Studie umfasste den Zeitraum vom Wintersemester 2017 bis einschließlich Sommersemester 2020, damit also nicht die darauf folgenden „Corona-Semester“. (Es bleibt abzuwarten, welche Erkenntnisse künftige Untersuchungen eines Studiums unter Corona-Bedingungen zu Tage bringen werden.)

Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD), das Bayerische Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung (IHF) und die FernUniversität in Hagen befragten über drei Jahre hinweg mehr als 4.500 internationale Studierende von 125 teilnehmenden Hochschulen, darunter auch 60 Studierende der TU Bergakademie Freiberg. Die an der Befragung teilnehmenden 57 Master- und 3 Bachelorstudierenden stammten überwie-

gend aus Asien (36,7 %), Nordafrika und Nahost (26,7 %) sowie aus Lateinamerika (11,7 %). Etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmenden gehörte zur Fächergruppe Ingenieurwissenschaften. Mit 25 % bzw. 20 % waren aber auch Mathematik/Naturwissenschaften sowie die Wirtschaftswissenschaften vertreten.

Jeder Teilnehmende wurde sechs Mal, jeweils im Abstand von sechs Monaten, zur Studien- und Lebenssituation interviewt. Die vielfältigen Ergebnisse lassen sich den verschiedenen Phasen des Studienverlaufs zuordnen.

### 1. Vor Studienbeginn: Unterschiedliche Erwartungen und Studienerfahrungen

Bezüglich eines Studiums in Deutschland haben internationale Studierende durchaus unterschiedliche Motive und Erwartungen, wie eine im Rahmen des Projekts entwickelte Typologie zeigt. Es wird von fünf Motivationsgruppen ausgegangen:

- Die Erkunderinnen und Erkunder: Sie wollen etwas erleben, durch das Auslandsstudium Unabhängigkeit erlangen, haben meist durch Vermittlung von Freunden und Familie Informationen über das gewählte Zielland erhalten.
- Zuwanderinnen und Zuwanderer: Sie kommen aus unterschiedlichsten, nicht unbedingt studienbezogenen Gründen nach Deutschland.
- Karriereorientierte Pragmatikerinnen und Pragmatiker: Sie haben starkes fachliches Interesse, sind nicht auf ein bestimmtes Land festgelegt, orientieren sich auf die Erlangung eines bestimmten Abschlusses und suchen engen Praxisbezug.
- Karriereorientierte Idealisten: Sie haben hohe Ansprüche und Erwartungen an das Studium, ziehen für die Wahl des Studienorts Bewertungen zum akademischen Niveau heran: zur Reputation der Studiengänge, zu den Rankings, aber auch zu Erfahrungen, die sie bei der Kontaktaufnahme mit der Universität ihrer Wahl bzw. bei der Bewerbung gemacht haben.
- Transnationale Studierende: haben meist mehrere kulturelle Zugehörigkeiten, sind mehrsprachig, besitzen ausgeprägte interkulturelle Fähigkeiten sowie ein vertieftes Interesse an globalen Fragen.

Die Teilnehmenden der Studie von

1 Heublein, U.: Ohne Integration kein Studienerfolg; Irratio, Forum Hochschule und Kirche (1/2009)

2 Pineda, J., Kercher, J., Falk, S., Thies, T., Yildirim, H. H., & Zimmermann, J. (2022). Internationale Studierende in Deutschland zum Studienerfolg begleiten: Ergebnisse und Handlungsempfehlungen aus dem SeSaBa-Projekt. DAAD Studien. Bonn: DAAD.

der TU Bergakademie Freiberg gaben als Gründe für die Studienaufnahme – neben dem Ziel der Verbesserung ihrer fachlichen und sprachlichen Sprachkenntnisse an: eine Verbesserung der Karrieremöglichkeiten (94 %), den Willen, sich persönlich weiterzuentwickeln (98 %), ein neues Land kennenzulernen, etwas Aufregendes zu erleben (84 %), in Sicherheit und in einem friedlichen Umfeld leben zu können (61 %). Über 40 % der von uns hierzu befragten Studierenden gaben an, dass sie den Bewerbungs-/Zulassungsprozess als schwierig empfanden. Ebenso unzufrieden war die knappe Hälfte der Befragten mit dem Visumsprozess.

Die Ergebnisse der SeSaBa-Studie zeigen allgemein auf, dass sich zahlreiche Studierende nicht ausreichend auf den Studienstart in Deutschland vorbereitet fühlen. Zum Beispiel beherrschen sie die hier üblichen wissenschaftlichen Arbeitstechniken nur mangelhaft. Was die sprachliche Qualifikation betrifft, berichten internationale Studierende oftmals von einer hohen Diskrepanz zwischen den offiziell vorausgesetzten und den zum Studieren tatsächlich benötigten Sprachkompetenzen, das heißt, sie unterschätzen diese für das Studium so wichtige Komponente.

## 2. Beim Studienstart: Gezielte Information zu den Unterstützungsangeboten

Ein Erkenntnis von SeSaBa ist, dass die Hochschulen zwar ein gutes Angebot an Unterstützungsmaßnahmen für die Studieneingangsphase bereithalten, dieses durch die Zielgruppe jedoch nicht ausreichend genutzt wird. Die Befragung ergab, dass nur etwa die Hälfte der Bachelor- und Masterstudenten im ersten Semester an mindestens einem Studienvorbereitungs- bzw. Orientie-

rungsangebot der Hochschule teilnahm. Der Anteil der Studierenden, die nach eigenen Angaben nicht über entsprechende Angebote ihrer Hochschule informiert waren, fiel mit rund 20 Prozent überraschend hoch aus.

TU BAF: Es nahmen 65 % der Anwärter an studienvorbereitenden Maßnahmen teil, die meisten an den Orientierungsveranstaltungen des IUZ. Allerdings gaben auch 21 % an, dass ihnen solche Angebote nicht bekannt waren. Das stimmt nachdenklich und ist verbesserungsfähig, z. B. durch die stärkere Einbindung von Mentoren oder Testimonials auf der Webseite.

## 3. Während des Studiums: Bewältigung des Alltags im Gastland und soziale Integration

Oftmals berichten ausländische Studierende von Empfindungen sozialer Isolation und fehlenden Kontakten zu deutschen Kommilitonen oder Einheimischen. Wie die Rückmeldungen der Befragten im SeSaBa-Projekt zeigen, besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen soziokultureller Adaptation, also dem Umgang mit den unterschiedlichen Herausforderungen des Alltagslebens im Gastland, und dem Niveau der Studienzufriedenheit und einer eventuellen Studienabbruchintention. Das überrascht freilich nicht. Bestätigt wird in diesem Kontext auch die wichtige Rolle außercurriculärer Angebote (z. B. Sport und Kultur). Das Zusammensein mit anderen, auch deutschen Studierenden im Freizeitbereich, regt nicht nur den Gedanken- und Ideen-

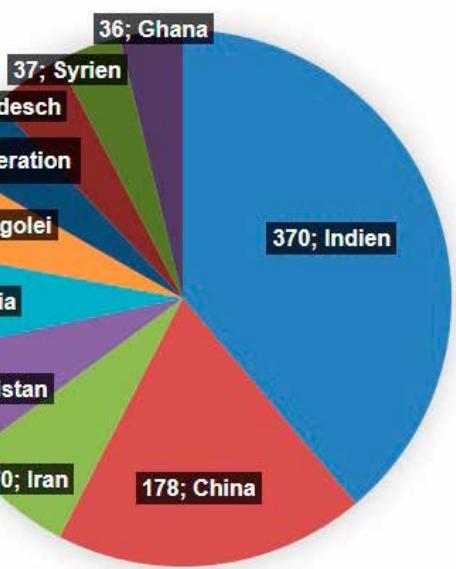


Abb. 2: Herkunftsländer der an der TU BA Freiberg Studierenden (Stand 01.11.2021)

austausch an, sondern stärkt auch das Zugehörigkeitsgefühl zur Hochschule. Zwischen Wohlbefinden und Studienerfolg der internationalen Studierenden besteht ein enger Zusammenhang.

Eine wichtige Voraussetzung für den Studienerfolg sind darüber hinaus die Sprachkenntnisse in der Studiengangsbzw. Landessprache. Für die TU BAF gaben 87 % der Befragten an, dass ihre Sprachkenntnisse zur Bewältigung des Studiums ausreichend seien, jedoch nur 61 % empfanden die Sprachkenntnisse zur Bewältigung der Alltagskommunikation als genügend!

Ein weiterer Aspekt: „Für 63 % der internationalen Studierenden ist das Studium in Deutschland bereits das zweite; sie verfügen demnach über viel Vorwissen. Dennoch fällt es vielen sehr schwer, sich im deutschen Studienalltag zurechtzufinden. Viele müssen eine ganz neue Art des Studierens erlernen. Beispielsweise ist es in Deutschland üblich, mit den Lehrenden und Mitstudierenden zu diskutieren. Manchem neu Zugewanderten ist das unbekannt und zum Teil auch unangenehm. Vor allem ostasiatische Studierende müssen sich erst daran gewöhnen, dass Rückfragen durchaus erwünscht sind und nicht als Kritik am Lehrpersonal verstanden werden.“<sup>3</sup>

Auch die finanzielle Seite eines Studiums in Deutschland kann hier nicht unerwähnt bleiben. Internationale Studierende haben durchschnittlich

<sup>3</sup> Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration 2019, Morris-Lange: Dem demografischen Wandel entgegen



Foto: TU Bergakademie Freiberg, Crispin-Iven Molkey

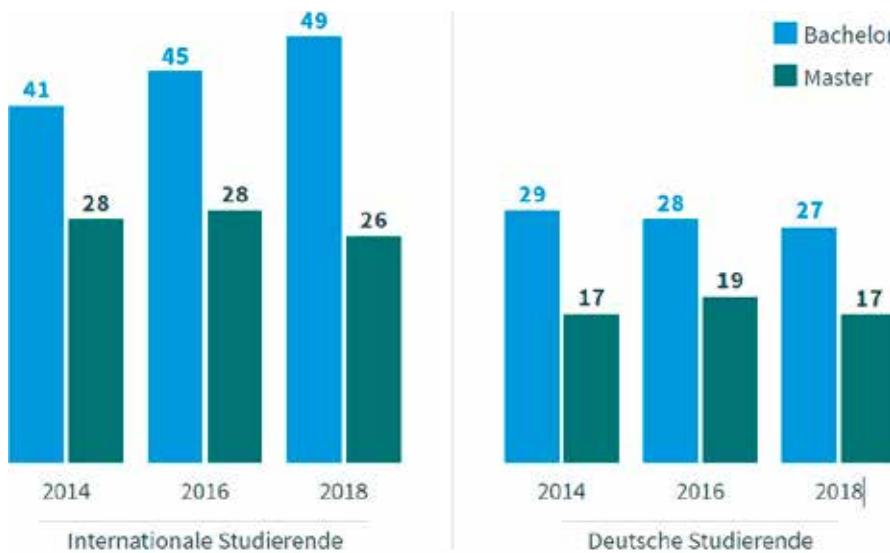


Abb. 3: Abbrecherquoten von internationalen und deutschen Studierenden in Bachelor- und Masterstudiengängen im Zeitreihenvergleich (2014–2018) (in Prozent); Quelle: International Student Survey (Bachelor  $n=70$ ; Master  $n=51$ )

deutlich weniger an finanziellen Mitteln zur Verfügung als ihre deutschen Kommilitonen. Viele von ihnen sind auf Nebenjobs angewiesen, was wiederum Auswirkungen auf ein konzentriertes und stringentes Studium haben dürfte. Die an unserer Universität befragten Studierenden gaben zu 75 % als Hauptfinanzierungsquelle ihre Eltern und Verwandte an, die restlichen nahezu ausschließlich eigenen Verdienst bzw. Einkünfte aus Nebenjobs.

Für das IUZ-International Office war interessant, dass die befragten Studierenden auf die Frage, wo bzw. bei wem sie bei aufkommenden Problemen Hilfe suchten, angaben, dies mehrheitlich bei Landsleuten oder anderen ausländischen Studierenden zu tun. Ein Drittel zumindest würde sich an Lehrkräfte wenden. Aber mehr als die Hälfte sucht nie Unterstützung bei deutschen Studierenden oder Beratungsstellen der Hochschule!

#### 4. Am Ende des Studiums: Masterarbeit und Übergang in den Beruf

Insbesondere Studierende in deutschsprachigen Studiengängen berichten von sprachlichen Problemen bei der Anfertigung ihrer Masterarbeit (24 %). Bei den Studierenden in englischsprachlichen Studiengängen sind es nur 18 %.

Bereits bekannt ist die Tatsache, dass Absolventen eines Master-/Diplomstudiengangs eher geneigt sind, nach Studienabschluss eine Arbeit in Deutschland aufzunehmen (76 %) als die Absolven-

ten von Bachelorstudiengängen (42 %). Qualifikation und Lebensalter bzw. -situation mögen hier eine Rolle spielen. Dennoch zeigt die SeSaBa-Studie auf, dass die Studienabschlussphase und die Perspektiven nach dem Abschluss den internationalen Studierenden häufig Sorgen bereiten. Nicht ausreichende Unternehmenskontakte, Unwissen über die Bewerbungsmodalitäten sowie nicht ausreichende Deutschkenntnisse für das Verfassen einer Abschlussarbeit oder eine erfolgreiche Jobsuche treten hier zutage. An der TU BAF versuchen IuZ, GraFa und Career Center daher durch Bewerbertrainings und Coachings auf eine frühzeitige sprachliche und wissenschaftliche Vorbereitung für das Verfassen einer wissenschaftlichen (Abschluss-)Arbeit, die Erstellung von Bewerbungsunterlagen und die Förderung von Unternehmenskontakten (u.a. durch Praktika oder Kontakte auf der ORTE) hinzuwirken.

#### 5. Studienabbruch

Hinsichtlich des Aspekts der Studienzufriedenheit ergab sich eine positive Tendenz bei den von uns Befragten. Auch die Studienabbruchsintention kann für die befragte Kohorte der TU BAF als vergleichsweise gering ausgeprägt eingeschätzt werden. Lediglich 9 % der Befragten gaben an, darüber nachzudenken, das Studium aufzugeben. Die restlichen hielten es für sehr wahrscheinlich, dass sie das Studium

erfolgreich abschließen werden. Dies entspricht den Durchschnittsergebnissen der Gesamtkohorte der im Rahmen der Studie Befragten.

Von den 4.500 teilnehmenden Studierenden der deutschlandweiten Studie lagen zum Zeitpunkt der sechsten und letzten Befragung von etwa zwei Dritteln der ursprünglich registrierten Teilnehmenden Informationen vor: 64 % gaben an, noch an der Hochschule eingeschrieben zu sein, 30 % hatten einen Studienabschluss erreicht, 5 % hatten das Studium abgebrochen. Von dem Drittel, von dem zum Abschluss der Studie keine Informationen mehr eingeholt werden konnte, wird angenommen, dass sie nicht mehr studieren, mit oder ohne Studienerfolg. Zu den Abbruchszahlen ergibt sich durch diese Studie damit *kein verlässliches Datenmaterial!*

Im Rahmen der SeSaBA-Befragung wurden für die Gruppe derer, die im Befragungszeitraum ihr Studium abbrachen, auch Gründe für die Entscheidung analysiert (Abb. 3).

Studienabbruch ist immer ein komplexes Phänomen mit unterschiedlichen Ursachen. Bei der Erfassung (vor allem der Ursachen) stellt sich eine Vielzahl von Messproblemen ein. Das Verlassen der Universität ist nicht gleichbedeutend mit einem Studienabbruch.



Foto: TU Bergakademie Freiberg, Torsten Mayer

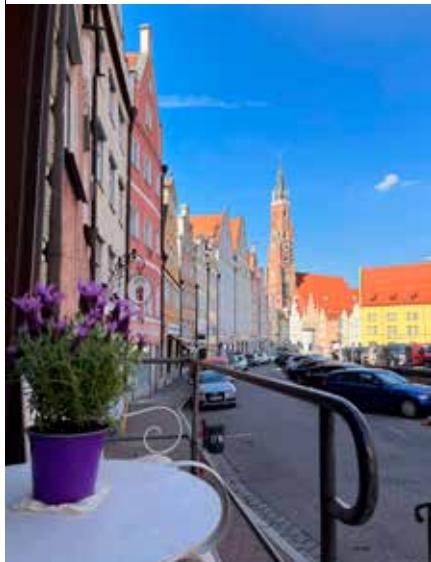
Zahlen zum Studienabbruch, die vom *Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW)* (früher Hochschul-Informations-System HIS) vorgelegt werden, stellen daher nur Schätzungen dar – und keine belastbaren Messergebnisse.<sup>4</sup> Das wäre aber bereits Thema für einen neuen Artikel im Ergebnis einer noch zu planenden umfassenden Studienverlaufsanalyse für unsere Universität.

Weitere Projektpublikationen sowie sonstige Informationen zum Projekt: [www.daad.de/sesaba](http://www.daad.de/sesaba)

<sup>4</sup> Hüther, O. & Krücken, G. (2016): Hochschulen: Fragestellungen, Ergebnisse und Perspektiven der sozialwissenschaftlichen Hochschulforschung. Springer Fachmedien

# Stipendienprogramm setzt Impulse für nachhaltige technische Entwicklung in Lateinamerika

Marcus Dietrich



Drei Studenten aus Mexiko studierten in den vergangenen beiden Semestern (21/22) an der TU Bergakademie Freiberg und absolvierten Praktika in Unternehmen. Sie waren Teilnehmer am DAAD-Programm „Kombinierte Studien- und Praxisaufenthalte für Ingenieure aus fortgeschrittenen Entwicklungsländern (KOSPIE)“.

„Ich nehme viele neue Anregungen aus Freiberg mit in meine Heimat“, sagt Javier López Figueroa, der ein Praktikum bei Evonik Industries in Essen durchführte. Im vergangenen Wintersemester studierte er Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen an der TU Bergakademie Freiberg. „Die familiäre Atmosphäre an der Universität hat mir geholfen, mich im Auslandssemester gut zurechtzufinden und Herausforderungen im Studium zu bewältigen“, so der Student aus Hermosillo von der Universidad de Sonora.

Die Teilnehmenden des Programms lernten neben dem deutschen Ingenieursgeist und neuen Herangehensweisen an technologische Herausforderungen auch eine neue Kultur kennen, bestätigt Rodrigo Ramos Badillo vom Instituto Tecnológico de Puebla in Mexiko, der an der TU Bergakademie Freiberg im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen als Austauschstudent eingeschrieben war: „Freiberg ist für mich der perfekte Ort, um mich auf meine berufliche Zukunft vorzubereiten. Während meines weiteren Studiums an meiner Heimatuniversität und bei der bevorstehenden Jobsuche werde ich von den tollen Erfahrungen profitieren“. Im Sommersemester 2022 absolvierte er ein Unternehmenspraktikum bei der Firma Brose in Coburg.

## Fokus Lateinamerika

Interessenten für das KOSPIE-Programm bewerben sich beim DAAD, der die zu Fördernden auswählt und für die teilnehmenden Hochschulen vorschlägt. Das Internationale Universitätszentrum verwaltet das Projekt, koordiniert die soziokulturelle und fachliche Betreuung und bietet einen studienbegleitenden Deutschkurs für die Stipendiatinnen und Stipendiaten an.

„Die Aufnahme der interessierten

deutschen Hochschulen in das Programm erfolgt nach einem kompetitiven Auswahlverfahren. Wir freuen uns, dass wir als Hochschule nach der Programmphase 2019-2022 im Rahmen der Ausschreibung 2022-2025 nun zum bereits zweiten Mal ausgewählt werden konnten.“, erzählt Ingrid Lange, Direktorin des International Office.

Durch die Teilnahme am Programm erhofft sich die Universität, mehr gut vorqualifizierte Studierende aus Mittel- und Lateinamerika zu gewinnen. „KOSPIE schließt an erfolgreiche ähnliche Lateinamerika-Projekte der TU Bergakademie Freiberg an und ist eine Chance, Kooperationen mit den beteiligten lateinamerikanischen Partnerhochschulen zu stärken“, so Ingrid Lange.

## Hintergrund: Zum Programm KOSPIE

Der Deutsche Akademische Austauschdienst e.V. (DAAD) fördert aus Mitteln des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) das Stipendienprogramm KOSPIE. Nach einem Aufenthalt in Deutschland sollen die Geförderten idealerweise später in entwicklungsrelevanten Bereichen tätig sein und so einen Beitrag zur Stärkung des privaten (und/oder öffentlichen) Sektors in ihren Heimatländern leisten. Die teilnehmenden Studierenden der Ingenieur- und Naturwissenschaften aus Argentinien, Kolumbien und Mexiko absolvieren einen 10-monatigen kombinierten Studien- und Praktikumsaufenthalt in Deutschland.

## Kontakt

Marcus.Dietrich@tu-freiberg.de

# 秋田へようこそ\*

## \*Willkommen in Akita

Anja Weigl

Der Geowissenschaftler Tom Arnold studiert derzeit an der Universität von Akita, Japan. Damit setzt er den gegenseitigen Studierendenaustausch mit der TU Bergakademie fort, den ein gemeinsames Abkommen seit 2012 ermöglicht. Zwischen beiden Partnerhochschulen soll auch die Verbindung in der Forschung künftig intensiver werden.

Im April war es soweit: Endlich hielt Tom Arnold, der Geowissenschaften (Master) an der TU Bergakademie studiert, sein Visum für Japan in den Händen. Die Grenzen seines Traumlandes waren durch die Pandemie lange verschlossen. Das Auslandsabenteuer hatte er eigentlich schon ein Semester eher beginnen wollen; stattdessen musste er sein Studium an der Universität von Akita zunächst online starten. Die Kurse absolvierte er alle erfolgreich, aber er hoffte, doch noch vor Ort weitermachen zu können. Als dies schließlich möglich wurde, beantragte er sofort das Visum; am 29. April landete er in Tokio. Nach

ein paar Tagen verpflichtender Selbstquarantäne war er am Ziel.

In einer Hinsicht sei die im Norden der japanischen Hauptinsel gelegene und rund 300.000 Einwohner zählende Großstadt Akita ähnlich wie Freiberg, sagt Tom Arnold, denn nachts sei es dort ziemlich ruhig. Tatsächlich halten die Japaner Akita für eine eher kleine und ländliche Stadt, was vielleicht mit deren Umgebung zu tun habe: einerseits Reisfelder im Flachland und andererseits Wälder ringsum auf den Hügeln und Bergen. Mit dem Zug sei man schnell am Strand im Westen der



Foto: Tom Arnold

In einem Reisfeld am Bahnhof von Ogata wurden die Maskottchen der Präfektur Akita abgebildet.

Stadt, wo sich vor einem das Japanische Meer öffnet.

An der Universität stellte Tom gleich eine weitere Parallele zu Freiberg fest: die „familiäre Atmosphäre“. Etwas mehr als 5.000 Studierende gibt es dort, und auch anhand der Fakultäten - Ressourcen- und Ingenieurwissenschaften (aber auch Pädagogik, Kultur sowie Medizin) lässt sich die 1949 in Akita gegründete Universität gut mit der TU Bergakademie vergleichen. Das liegt wohl auch an der Geschichte einer ihrer Vorgängerinstitutionen, der Bergfachschule Akita, die 1910 etabliert wurde. Deren Lehrprogramm hatte deren erster Rektor aus Freiberg mitgebracht, wo er unter anderem studiert hatte. Inzwischen gibt es eine Reihe weiterer Kontakte und Verbindungen zwischen Wissenschaftlern aus Akita und Freiberg. Vor allem zu den anderen internationalen Studierenden fand Tom Arnold schnell Anschluss, aber auch japanische Freunde habe er.

In Akita liegt die Universität am Stadtrand, es gibt einen geschlossenen Campus. Tom Arnold erzählt: „Bahnhof und Stadtzentrum sind zu Fuß schnell zu erreichen. Die Austauschstudierenden wohnen in der Regel in einem Wohnheim in der Nähe. Durch die Lage unweit der bewaldeten Hügelketten

### Austauschprogramme in Akita

#### Semesterdaten

- Wintersemester: Oktober - Februar
- Sommersemester: April - August

#### Bewerbungsfrist am IUZ

- 06.05. für Wintersemester oder ein ganzes akademisches Jahr
- 01.09. für Sommersemester

#### Programme

- Akita University Program for Solving the Regional Problems (AUSR)
- Inhalt: Planung und Durchführung von gemeinsamen Aktivitäten mit japanischen Studierenden und Einwohnern mit dem Fokus „Regionale Entwicklung“
- Pflichtkurse: u.a. Einführung in die japanische Kultur und Gesellschaft
- Semester: 1 oder 2
- Kurssprache: vorrangig Englisch
- Stipendium möglich (JASSO/ Japan Student Services Organization)

#### Akita University General Program (AUGP)

- Inhalt: Kurse für internationale Studierende sowie Fachkurse möglich
- Semester: 1 oder 2
- Kurssprache: Japanisch (Fakultäten für Pädagogik, Medizin und Ingenieurwissenschaften) oder Englisch (Fakultät für Internationale Ressourcenwissenschaft)

#### Weitere Infos

[tu-freiberg.de/international/wege-ins-ausland](http://tu-freiberg.de/international/wege-ins-ausland)  
[tu-freiberg.de/international/promos](http://tu-freiberg.de/international/promos)



Foto: Tom Arnold.

Auf einer Exkursion mit anderen Geologiestudierenden in „Kawarage Jigoku“, einer heißen Quelle.

kann es manchmal dazu kommen, dass sich Wildtiere bis in die Stadt hinein verirren. Sogar Bären wurden schon gesichtet. Anders als in Deutschland ähnelt das Studium eher einem Schulbetrieb: zeitlich ist es etwas straffer organisiert - und es gibt eine allgemeine Anwesenheitspflicht und deutlich mehr Hausaufgaben. Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Universität und auch die Studierenden sind sehr hilfsbereit.“

### **Akita ist ideal, wenn man das Leben im Ausland austesten möchte**

Das Austauschprogramm, in das der Student eingeschrieben ist, ist auf Sprache, Kultur und gesellschaftliche Themen in Japan ausgerichtet. Er hat aber auch Zeit, Fachkurse zu belegen, die ihn in seiner Vertiefung Tektonik und Geochronologie voranbringen. Pandemiebedingt fielen leider auch ein paar Kurse,

auf die er sich gefreut hatte, aus. Kann er anderen Studierenden die Gasthochschule weiterempfehlen? „Akita ist ideal, wenn man das Leben im Ausland austesten möchte. Es ist nicht zu teuer, nicht so groß, dass das Leben allzu stressig wäre, und auch nicht so klein, dass man keine Freizeitmöglichkeiten mehr hat. Mir gefällt es hier sehr gut“, sagt Tom Arnold.

Für Studierende, die sich für Japan bzw. überhaupt für einen Auslandsaufenthalt interessieren, hat er folgende Tipps: Die Landessprache sollte man sich vorher schon - so gut es geht - aneignen. In Akita trifft man häufig auf Menschen, die kein oder sehr wenig Englisch beherrschen - sowohl unter den Einwohnern als auch unter anderen internationalen Studierenden. Bevor er nach Akita kam, lernte Tom etwa ein Jahr lang Japanisch, zunächst im Selbststudium, dann in einem Onlinekurs. Weiterhin ist es wichtig, sich frühzeitig mit

dem Thema Ausland zu befassen und sich zu informieren, besonders wenn man spezifische Vorstellungen hat. Außerdem sollte man sich ausreichend finanziell absichern. Überweisungen nach Japan sind für Nicht-Staatsbürger durchaus kompliziert; es ist ratsam, genug Bargeld mitzunehmen, um die ersten beiden Monate auszukommen. Zur Finanzierung des Studiums in Akita nutzt Tom Arnold das DAAD-PROMOS-Stipendium, um das er sich beim Internationalen Universitätszentrum IUZ beworben hatte, sowie das JASSO-Stipendium, das er von der Gasthochschule erhält. Womit man laut Tom Arnold auch rechnen kann, ist, dass die Geschäfte auch sonntags geöffnet sind. Convenience Stores bieten sogar mitten in der Nacht noch einen Snack an. Und in eine Bar gehen oder Alkohol kaufen darf man erst, wenn man über 20 ist.



TU BAF-Student Tom Arnold am Unshoji-Tempel auf der Oga-Halbinsel, der für seine blauen Hortensien bekannt ist

Foto: Tom Arnold.

### **Gemeinsame Forschungsinteressen**

Neben dem regelmäßigen Studierendenaustausch - die Universität von Akita ist der wichtigste Partner der TU Bergakademie in Asien - soll es laut dem Prorektor für Forschung, Professor Jörg Matschullat, künftig auch engeren wissenschaftlichen Austausch und intensivere Zusammenarbeit geben. Ein Ansatz dafür ist der BHT, das Freiberger Universitätsforum. Bereits zum BHT 2021 gab es mit der Universität von Aktika einen Workshop. Während der diesjährigen Veranstaltung fand ein gemeinsames Fachkolloquium „Akita-Freiberg University Partnership - Progress in Environmental Science“ mit mehr als 80 Teilnehmenden statt. Je zwei Forschende beider Seiten sprachen zu jeweils einem Thema; es ging um Recycling-, Wasserstoffspeicher- und -herstellungstechnologien sowie neue Ansätze für nachhaltigeres Bauen und urbanes Grün. Der DAAD und die Deutsche Botschaft in Tokyo unterstützten das Programm.

Eine weitere Maßnahme ist in Planung, sagt Professor

Matschullat: „Unsere beiden Universitäten arbeiten derzeit am Aufbau von Science Hubs an der Universität Akita und an der TU Bergakademie. Diese gegenseitigen Brückenköpfe sollen die gemeinsame Arbeit und den Austausch fördern und verbessern.“ Von der Partnerhochschule kommende Gastwissenschaftler und -wissenschaftlerinnen sollen eigens eingerichtete Büroräume nutzen können. Professor Matschullat, der vor einigen Jahren selbst in Akita lebte und arbeitete, meint weiter: „Die Forschungsinteressen unserer beiden Universitäten stimmen sehr stark überein; Methoden und Erfahrungen ergänzen sich oft sehr gut. Wir sollten und wollen die Möglichkeiten der Zusammenarbeit noch intensiver ausloten. Unterstützer gibt es viele: die Deutsche Botschaft in Japan; die Japanische Botschaft in Deutschland, der Deutsche Akademische Austauschdienst und sein japanisches Pendant, das Deutsche Wissenschafts- und Innovationszentrum Tokio sowie auf Ministeriumsebene. Sie warten auf gemeinsame Vorschläge und vertiefte Aktivitäten.“



# Aus dem Vereinsleben

Mitgliederversammlung des Freunde und Förderer der  
TU Bergakademie Freiberg e.V. am 17. Juni 2022

Übergabe einer Fahne von Alumni der  
Bergakademie Freiberg – 9. Semester der Bergleute 1958



# Aus den Protokollen der VFF-Vorstandssitzung 2022 und der VFF-Mitgliederversammlung 2022

Hans-Jürgen Kretzschmar



Bergmusikkorps Saxonia Freiberg mit dem während des Steiger-Lieds zur Barbarafeier am 17. Juni 2022 ©VFF

## Vorwort

Die Frühjahrssitzung des VFF-Vorstands fand am 10. Juni und die VFF-Mitgliederversammlung am 17. Juni 2022 statt. Beide Veranstaltungen verliefen befreit von allen pandemiebedingten Restriktionen, die seit drei Jahren das Vereinsleben eingeschränkt hatten. Die Mitgliederversammlung wurde in Verbindung mit der 100-Jahre-Jubiläumsfeier des Vereins am 16. und 17. Juni durchgeführt. Die Jubiläumsfeier mit abschließender Barbarafeier war damit auf den etwas ungewöhnlichen Jahresmitte-Termin gelegt worden, um uns einerseits nicht allzu weit vom Tag des Gründungsjubiläums (3. Dezember) zu entfernen, andererseits aber nicht wieder in eine herbstliche Viruswelle in der Adventszeit 2022 hineinzulaufen. Künftige Mitgliederversammlungen, die nächste am 1. Dezember 2023, werden voraussichtlich wieder in der adventlichen Barbarazeit stattfinden.

## Mitgliederstand

Im Juni 2022 zählte der VFF insgesamt 1.483 Mitglieder, davon 1.403 persönliche und 80 juristische. Seit dem Jahr 2019 mit der damaligen Mitgliederversammlung traten 193 neue Mitglieder ein, 94 verließen den Verein und 57 Mitglieder verstarben. Erstmals seit Wiedergründung des VFF ist ein geringfügiger Rückgang gegenüber der Zielzahl 1.500 zu verzeichnen; eine Tendenz, die alle vergleichbaren Vereine getroffen hat. Neben einer verstärkten Austrittsaktivität waren die stark eingeschränkten Werbe-Möglichkeiten

während der Pandemiezeit für diese Entwicklung maßgebend. Bedauerlich ist auch der Rückgang bei der Zahl der Firmenmitglieder; hoffentlich stellt dies keine „Entfremdung“ der Wirtschaft von der Universität dar. Der VFF-Vorstand bittet alle Vereinsfreunde, neue Mitglieder zu werben; die persönliche Ansprache ist doch immer noch die effektivste!

## Finanzbericht 2019 bis 2022

Die Mitglieder wurden vom Jahr 2020 an bis Februar 2022 auf schriftlichem Wege über die Finanzlage des VFF informiert. Die Jahresberichte 2019 und 2020 wurden im schriftlichen Abstimmungsverfahren zur Diskussion und Entscheidung gestellt, wie in den **Tabellen 1 und 2** gezeigt. Es gab im Zuge dieses Verfahrens keine Ablehnung oder Enthaltung durch einzelne Mitglieder, so dass in einstimmiger Annahme die Jahresberichte 2019 und 2020 protokollarisch genehmigt und der Vorstand für diese Geschäftsjahre entlastet worden ist. Im gleichen Verfahren wurde der Etat-Entwurf für das Jahr 2022 angenommen.

Die Jahresrechnung 2021 einschließlich der Rechnungsprüfung konnte der Mitgliederversammlung am 17. Juni 2022 – nun wieder in Präsenz – vorgelegt werden (**Tabellen 1 und 2**). Sie war unmittelbar vor ihrer Vorlage durch den Wirtschafts- und Steuerprüfer testiert worden. In persönlicher Abstimmung nahmen die Mitglieder einstimmig den Jahresabschluss 2021 und den Plan-Etat 2023 an und entlasteten den Vorstand auch für das Geschäftsjahr 2021. Damit befinden sich Mitglieder und Vorstand wieder im Rahmen des „ordentlichen“ Geschäftsverfahrens. Die Finanzzahlen in den **Tabellen 1 und 2** weisen für die Jahre 2019 bis 2022 einen Überschuss der Einnahmen gegenüber den Planzahlen und den Ausgaben auf. Damit setzt sich die solide Finanzarbeit unseres Schatzmeisters fort, wofür ihm sehr zu danken ist. Pandemiebedingt blieben die Ausgaben geringer als geplant, weil insbesondere die Förderung der Studierenden und der Institute wegen nicht

stattgefunder Präsenzaktivitäten bescheidener ausfallen musste. Dankend ist auch die Spendenbereitschaft unserer Mitglieder hervorzuheben; etwa ein Drittel der Vereinsmitglieder zahlte mehr als den Pflichtbeitrag ein. Alt-Rektor Prof. Gerhardt veranlasste in seinen letzten Lebenstagen im Jahr 2021 eine Großspende von 10 T€ – eine berührende Geste!

Der „Zahlensprung“ in den **Tabellen 1 und 2** erklärt sich mit der ab Jahresbeginn 2021 wirksamen Beendigung der bis dahin vertraglich vereinbarten Alumni-Arbeit für die Universität.

Der VFF setzte seine Verwaltung der 36 Zweckprojekte (Finanzvolumen 164 T€) und der zehn Förderkreise/Fachgruppen (Kapital 179 T€) in bewährter Form fort. Auch hier ist ein gewisser Volumenschwund in den Pandemiejahren 2020/2021 zu beobachten.



Vortrag von Oberberghauptmann Prof. Dr. Bernhard Cramer am 16. Juni 2022 ©VFF

## Bericht des Rektors zur Entwicklung der TU Bergakademie Freiberg

Der Rektor, Prof. Klaus-Dieter Barbke, dankte dem Verein und seinem Vorstand. In seinem inhaltsreichen Bericht über aktuelle Entwicklungen und geplante Vorhaben der Universität ging er insbesondere auf folgende Themen ein:

- Universität hat 65 Studiengänge, 798 Studienanfänger und insgesamt 3.368 Studierende
- 85 % der Studierenden in MINT-Fächern, 29 % weibliche Studierende, 41 % aus dem Ausland
- 700 Absolventen im Jahr 2020/2021
- Preise und Stipendien für Studierende



Begrüßung des Plenums durch Vorstandsvorsitzenden Prof. Hans-Ferdinand Schramm am 17. Juni 2022 ©VFF

- de (u. a. 82 Deutschlandstipendien)
- Einrichtung 5 neuer Studiengänge, Einstellung von 2 und Überarbeitung von 19 Studiengängen
- 52,9 Mio € Drittmittel, mit 535 T€ pro Professur Platz 5 in Deutschland
- 87 Promotionen 2019/2020, 103 Promotionen 2020/2021
- 25 Erfindungsanmeldungen und 41 Patentanmeldungen im Jahr 2021
- Besetzung von 8 Tenure-Track-Professuren
- Stiftungsmanagement (Krüger-Stiftung, terra mineralia, ...)
- Uni ist Teil der European University Alliance on Responsible Consumption and Production
- Personal: 2.040 Beschäftigte, 1.015 Haushaltstellen, 717 Drittmittelbeschäftigte, 308 Hilfskräfte
- Ernennung von Herrn Then zum Kanzler am 29.4.2022
- Baumaßnahmen 2021: ZeHS, Sanierung Fördergerüst Reiche Zeche
- Baumaßnahmen 2022 und 2023: Bibliothek mit Hörsaalzentrum, Hallenkomplex Kegel-Rammler-Bau, Laborgebäude, Wissenschaftskorridor
- in Vorbereitung: Neubau Institut für Informatik, Technikum Reiche Zeche, Sanierung Haus Silikattechnik, Sanierung und Teilneubau Helmut-Härtig-Bau, Forschungsfabrik Umformtechnik

### Preise / Auszeichnungen

Mit Ausnahme der Weisbach-Preise konnte der VFF im Jahr 2021 seine ausgelobten Preise wie gewohnt vergeben.

### Cotta-Preise

Die von einer VFF-Auswahlkommission auf der Basis von insgesamt 10 eingereichten Dissertationen ausgewählten Cotta-Preis-Träger sind:

- Frau Dr. rer. nat. Hripsime Gevorgyan „Physical volcanology and petrology of Quaternary ignimbrites of the Aragats Volcanic Province, western Armenia“ (2 T€)

- Herr Dr.-Ing. Johann Kirchner „CO<sub>2</sub>-Hydrierung zu CH<sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren“ (2 T€)

In der Mitgliederversammlung am 17. Juni 2022 trug Herr Dr. Kirchner persönlich zu seiner Arbeit dem Plenum vor.

### Agricola-Preise:

Die Träger der Agricola-Medaillen – die Jahresbesten 2021 der sechs Fakultäten – wurden vom VFF mit je 250 € bedacht:

- Fakultät 1: Lorenzo Neumann
- Fakultät 2: Luise Malik
- Fakultät 3: Peggy Gödickmeier
- Fakultät 4: Nils Lange
- Fakultät 5: Nelu Sprater
- Fakultät 6: Simone Kleinselbeck

### Oppel-Preis

Der Friedrich-Wilhelm-von-Oppel-Preis für herausragende sozio-kulturelle Aktivitäten eines Studierenden mit einem Preisgeld von 500 € ging 2021 an Frau Johanna Luise Richter.

### Heinisch-Stiftung

In der Kuratoriumssitzung der Günther Heinisch-Stiftung des Fördervereins VFF für die geowissenschaftlichen Sammlungen Freiberg am 28. Juni 2022 konnte auf ein solides Geschäftsjahr 2021 rückblickt werden. Das geplante Budget wurde eingehalten und ausgeschöpft, Einnahmen von 40 T€ wurden durch Ausschüttungen, Zinsen und Dividenden erwirtschaftet. Die angeschafften Edelmetall-Mineralstufen, als Leihgaben an das Mineralogische Institut weitergereicht, dienen der Kapitalerhaltung bzw. -erhöhung, dessen Startwert von ursprünglich 1,5 Mio. € dadurch spürbar gesteigert wurde. Das Kuratorium dankte dem Stiftungsvorstand für seine fördernde Arbeit und entlastete diesen für das Geschäftsjahr 2021.

### Publikationen 2021

Aus den Publikationen des Jahres 2021 soll die „Festschrift“ zur 100-jährigen Vereinsgeschichte hervorgehoben werden, die jedem Mitglied zugestellt wurde. Sie ist das Arbeitsergebnis eines Autorenteams unter der Leitung unse-



Herr Schmalz und Frau Dr. Wesolowski führen durch das Programm der Jubiläumsfeier ©VFF

rer bewährten ACAMONTA-Chefredakteurin Frau Annett Wulkow Moreira da Silva. Es war nicht leicht, die Primärdokumente unseres Vereins ab 1921 zu finden und zu analysieren. So fehlen beispielsweise Fotos von der Vereinsgründung am 3. Dezember 1921. Erstmalig nach 100 Jahren liegt nun aber dennoch eine geschlossene Dokumentation unserer Vereinsgeschichte vor, die in bemerkenswerter Weise die Aufgaben und Ziele des VFF, vormals (bis 1945) GSF, als annähernd gleichbleibend über die vier unterschiedlichen politischen Systeme in Deutschland erstreckt dokumentiert. Die „Bergakademie-Familie“ ließ sich nicht zerstören. Mit besonderem Lob ist der von 1950 bis 1996 bestehenden „Vereinigung Alter Freiberger“ (VAF) in Essen zu danken, die die Kontinuität der Arbeit des von 1945 bis 1989 in Freiberg ja verbotenen Vereins bewirkte.

### Weitere Hauptaktivitäten

Im Interesse der Notunterstützung bedürftiger Studierender griff die VFF-Förderung auf zwei Hilfsfonds zurück:

- auf den Barbara-Hilfsfonds für Migranten-Studierende, denen der Studienbeginn an der TU Bergakademie durch Zuwendungen aus diesem Fonds erleichtert wurde; mehr als 65 geflüchtete Studierende erhielten Zuschüsse von insgesamt ca. 45 T€
- auf den Corona-Hilfsfonds - seit Mai 2020 zur finanziellen Unterstützung von Studierenden, als deren Nebenjobs zur Studienbewältigung

Tab. 1: Finanzüberblick – Einnahmen (T€)

2019 Ist	Positionen	2020 Ist	2021 Ist	2022 Plan	2022 Ist	2023 Plan
<b>314</b>	Einnahmen (ges.)	<b>404</b>	<b>210</b>		<b>110</b>	
<b>182</b>	Einnahmen (VFF)	<b>171</b>	<b>86</b>	<b>75</b>	<b>79</b>	<b>75</b>
55	Mitgliedsbeiträge	53	56	55	49	55
31	Spenden, Zinsen	27	30	20	30	20
96	Alumni	91	---	---	---	---
<b>132</b>	Zweckprojekte	<b>233</b>	<b>124</b>		<b>31</b>	

Tab. 3: Programm Vorabend der Jubiläumsfeier (16. Juni)

### Faust II und die Montanwissenschaften

Schauspieler der AG Theater an der TU Bergakademie Freiberg rezitierten aus Goethes Faust II. Professoren der TU Bergakademie Freiberg referierten dazu kurz über den heutigen Erkenntnisstand.

Tab. 2: Finanzüberblick – Ausgaben (T€)

2019 Ist	Positionen	2020 Ist	2021 Ist	2022 Plan	2022 Ist	2023 Plan
<b>384</b>	Ausgaben (ges.)	<b>364,5</b>	<b>223</b>		<b>61</b>	
<b>176</b>	Ausgaben (VFF)	<b>157,5</b>	<b>62</b>	<b>75</b>	<b>29</b>	<b>75</b>
24	Geschäftsstelle	25	31	25	11	25
48	TU BAF Förderung	37	21	37	6	37
6	Publikationen	7	7,5	3	12	3
6	Veranstaltungen	1,5	0,5	10	---	10
92	Alumni	87	2	---	---	---
<b>208</b>	Zweckprojekte	<b>207</b>	<b>161</b>		<b>32</b>	

Tab. 4: Programm der Jubiläumsfeier (17. Juni)

Festveranstaltung	
Kleine Theaterszene	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Grußwort VFF-Vorsitzender	Prof. Schramm
Grußwort Rektor	Prof. Barbknecht
Kleine Theaterszene	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Historischer Rückblick 1: Gründungsakt/Gründerbiografien	Prof. Albrecht
Historischer Rückblick 2: Wiedergründung des Vereins 1990	Prof. Schlegel/Prof. Groß
Historische Filmausschnitte	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Erläuterung Thema „Tradition“	Prof. Oettel
Vortrag „Tradition“	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Professorengräber - Gelehrtenweg	VNG/Dr. Hauenherm
Erläuterung Thema „Netzwerk“	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Vortrag „Netzwerk“	Prof. Fieback
Kooperation Industrie - VFF/TU BAF	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Kleine Theaterszene inkl. Erläuterung zum Thema „Unterstützung“	Prof. Geigenmüller
Vortrag „Unterstützung“ wiss. Tauchen	Herr Schmalz/Dr. Wesolowski
Erläuterung Thema „Förderung“	Frau Dr. Krüger/
Vortrag „Förderung“ (ehem. Cotta- Preisträger und Karrierewege)	Frau Hellweg-Schlömann
Kleine Theaterszene	Prof. Schramm
Stiftungen/Fundraising	
Schlusswort VFF-Vorsitzender	

- Vorwort: „Das offenbare, ergötzliche Rätsel“
- Streit Neptunisten – Platonisten (II. Akt, klassische Walpurgisnacht)
- Prof. Jörg Matschullat: „Gesteinsarten“
- Kristallbildung in Gangerz-lagerstätten (IV. Akt, Auf dem Vorgebirg)
- JProf. Sindy Fuhrmann: „Faszination Kristalle“
- Gang-Erzbergbau als „Felschirurgie“ (I. Akt, Weitläufiger Saal)
- Prof. Egon Fahning: „Der Freiberger Gangerzbergbau“
- Rohstofffindung (I. Akt, Kaiserliche Pfalz)
- Prof. Bernhard Cramer: „Rohstoffnutzung heute“
- Abgesang: „Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen“

wegfielen und die deshalb von einem Studienabbruch bedroht waren. Dank großzügiger Spenden seitens vieler Freunde und Förderer der TU Bergakademie konnten mehr als 130 T€ gesammelt und auch ausgegeben werden - und das sogar schon vor dem Start der Hilfsprogramme der Bundesregierung. Dank der kompetenten Sozialauswahl des Studienwerks wurden so 129 Studierende unterstützt.

Weitere Aktivitäten lagen auf dem Gebiet der organisatorischen Vorbereitung

der 100-Jahre- Jubiläumsfeier sowie bei den „Standardarbeiten“ (Professoren-) Grabpflege auf dem Donatsfriedhof (fast 40 Grabstellen), beim Management der Zweckprojekte, der Förderkreise u. a. Die im zweiten Anlauf am 16. und 17. Juni 2022 (statt am 2./3. Dezember 2021) durchgeführte Festveranstaltung „100 Jahre VFF“ verbleibt in guter Erinnerung bei allen Beteiligten, erntete viel anerkennendes Lob und ist ein guter Start in das zweite Vereinsjahrhundert. Dem Organisationsteam sei nochmals ausdrücklich gedankt. Der Vorabend am 16. Juni widmete sich dem

künstlerischen Vermächtnis Goethes in Faust II für die Geowissenschaften in reflektierendem Bezug zum heutigen Stand der Montanwissenschaften in Freiberg (**Tabelle 3**).

Die Jubiläumsfeier am 17. Juni umriss das für die TU Bergakademie so förderliche breite Wirkungsfeld unseres Vereins, durch das Programm wurde angenehm-heiter von einem Moderatorenpaar geführt (**Tabelle 4**).

Allen Beteiligten wird ausdrücklich und herzlich für ihre gelungene Mitwirkung gedankt. Die „Freiberg-Familie“ lebt munter! Einige Fotos belegen dies.

# Physikalische Vulkanologie und Petrologie der quartären Ignimbrite der Aragaz Vulkanprovinz, Armenien

## Bernhard-von-Cotta-Preis 2021

Hripsime Gevorgyan, Christoph Breitkreuz, Bernhard Schulz, Alexander Repstock, Uwe Kirscher, Khachatur Meliksetian

## Zielsetzung und Motivation

Diese Forschungsarbeit wurde initiiert, um die Stratigraphie und Petrogenese der pyroklastischen Gesteine der Aragaz-Vulkanprovinz (AVP, Armenien) zu untersuchen und ihre Eruptionszentren zu ergründen. Ein Hauptziel der als Promotionsprojekt der Erstautorin an der TU Bergakademie Freiberg angelegten Arbeit war die Beschreibung der chemischen und texturellen Variation der Ignimbrite. Diese sind durch Vorkommen verschiedener Bimstypen (kristallarm und -reich, nicht bis stark verschweißt, eutaxitisches bis parataxitisches Gefüge, Fluidalgefüge) charakterisiert. Die vulkanologischen, petrologischen und mineralogischen Untersuchungen sollten die Beziehungen und die Herkunft zwischen den sechs pyroklastischen Stromeinheiten und den drei Fallablagerungen klären. Weiterhin wurden genetische Bezüge zu den anderen Vulkangesteinen in der AVP hergestellt.

Die Kombination von granulometrischen Charakteristika, petrologischen und mineralchemischen Analysen, radiometrischen  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Datierungen und paläomagnetischen Messverfahren erlaubten die Erstellung genauer Isopachen- und Verteilungskarten der pyroklastischen Gesteine. Dies führte zu einer wesentlich detaillierteren geologischen Karte der AVP. Durch die gewonnenen Ergebnisse konnten Kenntnisstands-

lücken über die quartäre Entwicklung im westlichen Armenien geschlossen und neue Einblicke in die Magmodynamik im Kleinen Kaukasus gewonnen werden. Darüber hinaus lässt sich aus den Untersuchungsergebnissen ein besseres Verständnis der Eruptionsart(en) und Gefahren komplexer Stratovulkane und des Fließverhaltens großvolumiger pyroklastischer Ströme sowie der proximalen und distalen Ablagerungscharakteristika ableiten.

## Forschungsme- thoden

Das Promotionsprojekt begann mit einer umfangreichen physisch-vulkanologischen Geländeaufnahme (Erstellung von über 300 Querschnitten und Profilen) und der Entnahme von mehr als 650 Proben aus dem pyroklastischen Material des

Stratovulkankomplexes. Die Präparation des Probenmaterials erfolgte an der Nationalen Akademie der Wissenschaften in Jerewan (Armenien) und der TU Bergakademie Freiberg und umfasste die Auffertigung von Gesteinsanschliffen, die Herstellung polierter Dünnschliffe und

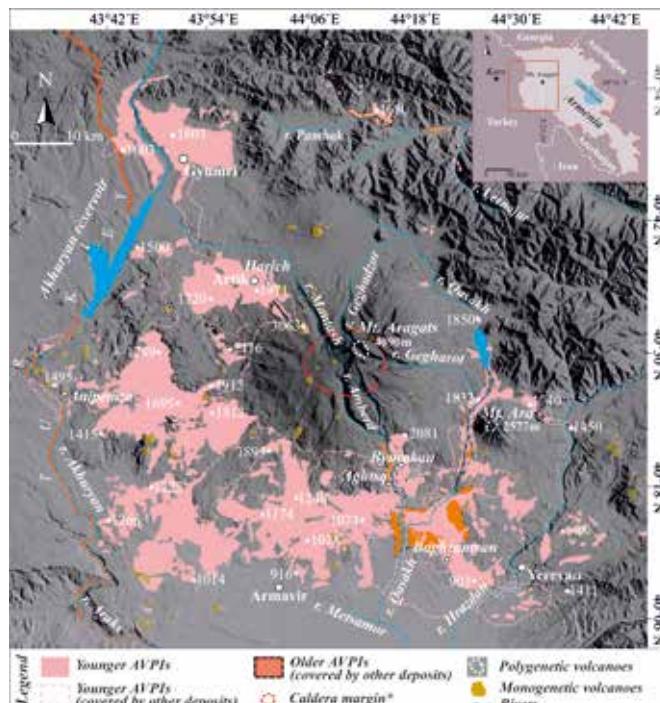


Abb. 1: Verbreitung der AVP Ignimbrite (nach Gevorgyan et al., 2018; 2020). Auf der Karte sind die Höhenangaben (in weiß) der Aufschlüsse der pyroklastischen Einheiten in Metern angegeben. Das geschätzte Gesamtvolumen beträgt  $\sim 20 \text{ km}^3$  für die jüngeren AVP Ignimbrite (Gil, ShBl, AkI) und  $\sim 1,5 \text{ km}^3$  für die älteren pyroklastischen Stromablagerungen (Bnl, Adl, Qhl). \*Calderarand vorgeschlagen von Karapetyan (1992).

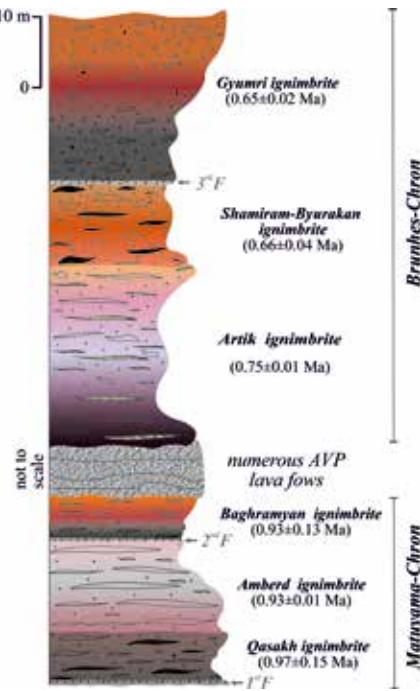


Abb. 2: Stratigraphie und Nomenklatur der AVP-Ignimbrite und der zugehörigen Ablagerungen: Die Ignimbrite der Qasakh- und Amberg-Canyons werden stellenweise von basaltischen und trachyandesitischen Laven überlagert (nach Gevorgyan et al., 2020, Kirscher et al., 2020). Abkürzungen: 1 F - 1. Fall-, 2 F - 2. Fall- und 3 F - 3. Fallablagerung.

die Fragmentierung einzelner Mineralkörner aus dem Probenmaterial mittels Seifrag.

Die angewandten analytischen Methoden beinhalteten die Petrographie und Bildanalyse von Dünnschliffen (Keyence VHX 5000 Digitalmikroskop, TU Bergakademie Freiberg), geochemische Gesamtgesteinsanalysen (ALS Minerals in Dublin, Irland, und Nationale Akademie der Wissenschaften in Jerewan, Armenien), Elektronenstrahlmikroanalytik an Mineralphasen (Rasterelektronenmikroskop FEI QUANTA 600F und 650F; Elektronenstrahlmikrosonden JEOL JXA-8900RL und 8230 der TU Bergakademie Freiberg) und radiometrische Altersdatierungen ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Methode an der Oregon State University Corvallis und an der TU Bergakademie Freiberg). Gerade die chemischen Analysen erlauben die Rekonstruktion des Magmensystems und lassen Rückschlüsse auf die Prozesse innerhalb der Magmenkammern zu. Zusätzlich wurden paläomagnetische Untersuchungen an 271 Kernproben an der Ludwig-Maximilians Universität München und der Curtin Universität in Perth (Westaustralien) durchgeführt, welche essentiell für die Bestimmung der Fließrichtung der pyroklastischen Körper und somit ihrer Eruptionszentren waren.

## Ergebnisse und Zusammenfassung

Der türkisch-armenisch-iranische Teilabschnitt des alpidisch-himalayischen Orogengürtels, auch Tethys-Orogengürtel genannt, bildet ein bedeutendes Zentrum der postkollisionalen magmatischen Aktivität im Spätkänozoikum (Pearce et al., 1990; Neill et al., 2015). In diesem Gebiet kommen zahlreiche, in ihrer Zusammensetzung vielfältige Vulkanprovinzen sowie einzelne Vulkankegel vor. Die Abfolgen der Vulkanite und der vulkanosedimentären Einheiten der Aragaz-Vulkanprovinz spiegeln nicht allein ein vollständiges Profil der magmatischen Prozesse Westarmeniens wider, sondern liefern vielmehr auch Informationen über den Aufbau des 4.090 m hohen und komplexen polygenetischen Aragaz-Vulkans (Abb. 1).

Vor 0,97-0,90 Ma (Matuyama Chron, inverse erdmagnetische Polarisierung) und vor 0,75-0,65 Ma (Brunhes-Chron, normale Polarisierung) führten zahlreiche verheerende Eruptionen aus den zentralen Schloten des Aragaz-Stratovulkans zur Ablagerung von pyroklastischen Strömen (Gesamtvolumen ca. 22 km<sup>3</sup>) in der Ringebene und in den Tälern (Abb. 2; Gevorgyan et al., 2020; Kirscher

et al., 2020). Die pyroklastischen AVP-Ablagerungen zeigen eine bemerkenswerte laterale und vertikale Variation der Lithofazies, welche auf (sub-)plinianische Eruptionsdynamiken und verschiedene Ablagerungsmechanismen zurückgeführt werden kann. Diese Eruptionen brachten chemisch zonierte Ignimbrite hervor, die von unten nach oben systematische Variationen ihrer kompositiven Zusammensetzung, Kristallinität, Verschweißung und Lithofazies aufweisen. Die pyroklastischen Schichten bestehen aus drei prä-ignimbritischen Fallablagerungen (1. F, 2. F und 3. F) sowie sechs pyroklastischen Stromablagerungen. Anhand der Variationen ihres Kristallgehalts, ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung und ihres Alters lassen sich zwei Gruppen ignimbritischer Ablagerungen unterscheiden: (i) trachydazitisch-trachytische bis rhyolitische ältere kristallarme Amphibol-führende Ignimbrite (Qasakh - *QhI*, Amberg - *AdI*, Baghramyan - *BnI*) und (ii) die trachyandesitischen bis trachydazitischen jüngeren kristallreichen, Pyroxen-führenden Einheiten (Artik - *AkI*, Shamiram-Byurakan - *ShBI* und Gyumri - *GIL*; Gevorgyan et al., 2018, 2020; Abb. 3).

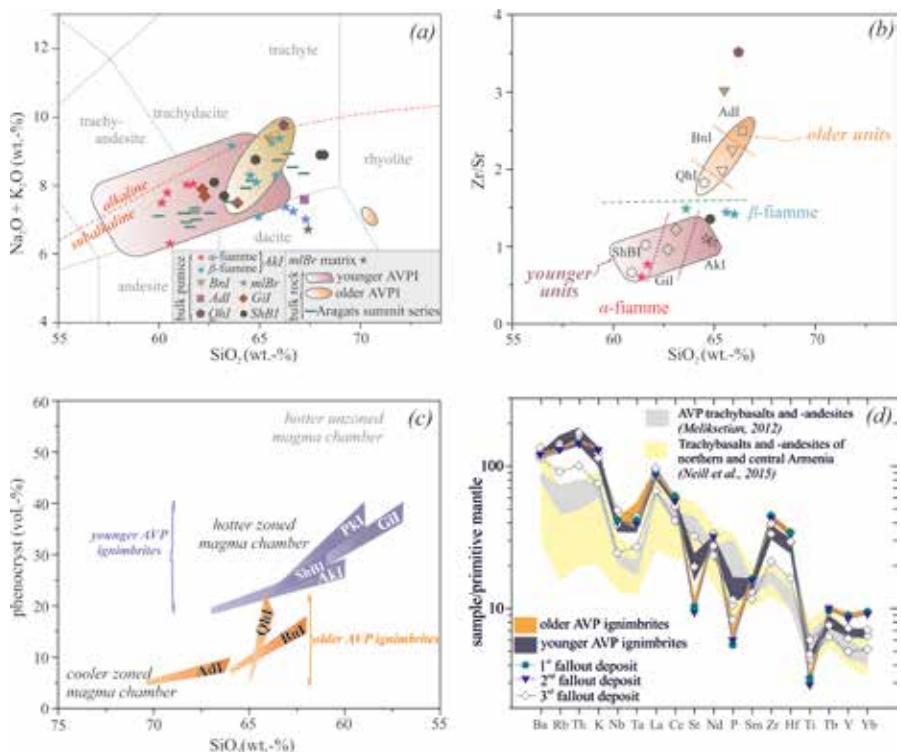


Abb. 3: (a) TAS-Klassifizierungsdiagramm für Vulkanite, in dem Oxide der Alkalimetalle Na und K gegenüber Siliziumdioxid aufgetragen sind (Le Bas et al., 1986), mit den chemischen Zusammensetzungen der pyroklastischen Einheiten und Bimssteinfragmente der AVP sowie der Gesteine der Aragaz-Gipfelreihe. Die gestrichelte rote Linie markiert die von Irvine und Baragar (1971) ermittelte Grenze zwischen den subalkalischen und alkalischen Magmenserien; (b) Zr/Sr vs. SiO<sub>2</sub>-Unterscheidungsdiagramm für ältere und jüngere ignimbritische Einheiten des AVP; (c) die AVP-Ignimbrite aufgetragen nach ihrer Kristallinität im Bezug zum SiO<sub>2</sub>-Gehalt (modifiziert nach Hildreth, 1981); (d) Elementvariationsdiagramm der AVP-Ignimbrite und der AVP-Fiamme normiert auf den primitiven Mantel (Sun und McDonough, 1989).

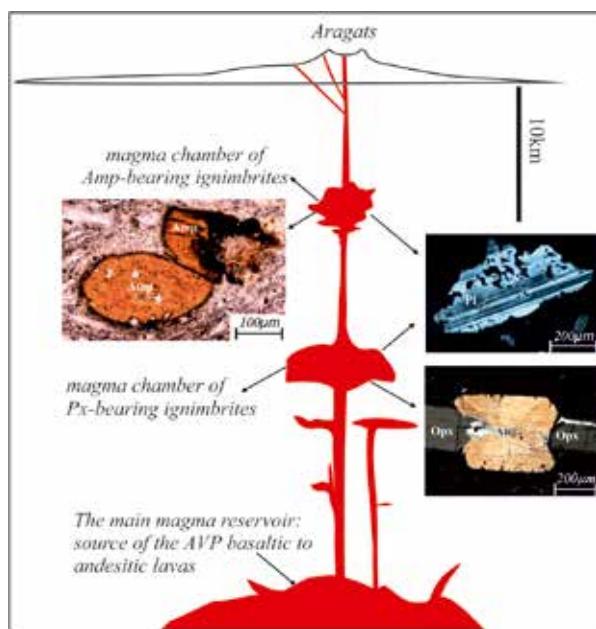


Abb. 4: Schematisches Modell der Kristallisationsdynamik und des Magmakanalsystems im magmatischen System Aragaz (modifiziert nach Gevorgyan et al., 2018).

Ein periodisches Aufheizen und die Remobilisierung der  $\text{SiO}_2$ -reichen Magmen durch die Zufuhr von heißen Mantelschmelzen ist in den verschiedenen inneren und äußeren Texturen der Phänokristalle der jüngeren Ignimbrite dokumentiert. Dem gegenübergestellt sind die fein ausgeprägten Reaktionssäume des Amphibols („break down rim“/Dehydrierungssaum) der älteren pyroklastischen Einheiten, welche das Ergebnis einer schnellen, mehrstufigen Dekompression während des Magmalaufstiegs sind (Abb. 4). Ausgelöst durch die wiederkehrende Zufuhr mafischer Magmen, waren die Mischung und Vermischung der krustalen Magmen wesentliche prä-eruptive Prozesse für jüngere Einheiten. Dieser Prozess führte zu einer Remobilisierung und einer partiellen Aufschmelzung des Kristallbreis. Das Vorherrschen gebänderter Bimssteinblöcke in den jüngeren Ignimbriten (z. B. in der Artik-Einheit) ist ein weiterer korrelativer Marker von Magmen-Vermischungsprozessen in diesem Stadium (Gevorgyan et al., 2018).

Durch die Anwendung verschiedener Geothermobarometer von korrespondierenden Mineral-Schmelz- und Mineralpaaren konnten zwei verschiedene Magmenkammern für die AVP-Ignimbrite ermittelt werden: (i) eine flache (10 bis 13 km) kühlere, kristallarme,  $\text{H}_2\text{O}$ -haltige und  $\text{SiO}_2$ -reiche Magmenkammer und (ii) eine in der mittleren bis unteren Kruste gelegene (ca. 25 km), weniger differenzierte, heißere,  $\text{H}_2\text{O}$ -arme, kris-

tallreiche Magmenkammer (Abb. 3c, 4: Gevorgyan et al., 2018). Das Vorhandensein dieser zwei Magmenkammern wird auch im Gesamtgesteinschemismus durch das Vorhandensein Zr-reicher und -ärmer Serien bestätigt (Abb. 3). Die Elementverteilungsmuster demonstrieren die gewichtige Rolle der fraktionierten Kristallisation und der krustalen Kontamination. Letztere zeigt sich in den ausgeprägten negativen Nb- und Ta-Anomalien und deutet auf einen „vererbten“ Fingerabdruck des im Zuge einer Subduktion entstandenen Grundgebirges. Da sowohl die

AVP-Pyroblastika und -Laven als auch Vulkane benachbarter Regionen dieselben chemischen Signaturen aufweisen, sind auch in anderen Systemen ähnliche Magmenquellen anzunehmen (Abb. 3: Gevorgyan et al., 2018, 2020).

Im Allgemeinen müssen die komplexen Prozesse, die vor und während der Eruptionen abliefen, von verschiedenen Seiten betrachtet werden, z. B. durch petrologische Analysen an den Eruptionsprodukten, Abschätzung der Volumen- und Flächenverteilung, paläomagnetische Informationen und Lokalisierung des Eruptionszentrums. Das Projekt zielte darauf ab, die chemischen und mineralogischen Variationen innerhalb eines Ignimbrits in Bezug auf Magmodynamik innerhalb der Kammer die Eigenschaften nach der Ablagerung und den Ablauf der Eruptionsgeschichte zu verstehen. Der Fokus auf die Ablagerungsgeschichte bietet einmalige Einblicke in die geologische Entwicklung der AVP und ist ein wertvoller Beitrag zur Entwicklung des spätkänozoischen Vulkanismus in der Kaukasus-Region.

### Danksagung

Ich möchte allen, die mich während meines Promotionsstudiums unterstützt haben, meinen aufrichtigen Dank aussprechen. Besonderer Dank geht an Arsen Israyelyan für seine hervorragende Unterstützung und Hilfe in diesem Projekt. Ich möchte mich bei Prof. Dr. Christoph Breitkreuz, Dr. Corina Dun-

ger (GraFa), dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD), dem Institut für Geologische Wissenschaften - NAS RA, dem Staatskomitee für Wissenschaft der Republik Armenien, der U.S. Agency for International Development (USAID), der U.S. NAS RA und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung dieses Projekts bedanken. Dem Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg danke ich herzlich für die Würdigung meiner Arbeit mit dem Bernhard-von-Cotta-Preis.

### Literatur

Gevorgyan, H., Repstock, A., Schulz, B., Meliksetian, K., Breitkreuz, C., Israyelyan, A., 2018. Decoding a post-collisional multistage magma system: The Quaternary ignimbrites of Aragats stratovolcano, western Armenia. *Lithos* 318–319, 267–282. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.07.024>

Gevorgyan, H., Breitkreuz, C., Meliksetian, K., Israyelyan, A., Ghukasyan, Y., Pfänder, J.A., Sperner, B., Miggins, D.P., Anthony, K., 2020. Quaternary ring plain- and valley-confined pyroclastic deposits of Aragats stratovolcano (Lesser Caucasus): Lithofacies, geochronology and eruption history. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 401, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.106928>

Hildreth, W., 1981. Gradients in silicic magma chambers: Implications for lithospheric magmatism. *Journal of Geophysical Research* 86, 10153–10192. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001160>

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.* 8, 523–548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>

Karapetyan, K., 1992. The Recent Ignimbrite Volcanism of the Republic of Armenia. Technical Report. IGS Academy of Sciences, Yerevan, Armenian SSR (550 pp).

Kirscher, U., Gevorgyan, H., Meliksetian, K., Navasardyan, G., Dallanave, E., Breitkreuz, C., Bachtadse, V., 2020. Pleistocene ignimbrites of western Armenia - Paleomagnetic and magnetic anisotropy constraints on flow direction and stratigraphy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 402, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.106982>

Le Bas, M.J., Le Maître, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrol.* 27, 745–750. <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>

Meliksetian, Kh.B., 2012. Geochemistry of volcanic series of Aragats province. *Proceeding of the NAS RA: Earth Sciences* 65 (3), 34–59 Yerevan.

Neill, I., Meliksetian, K., Allen, M.B., Navasardyan, G., Kuiper, K., 2015. Petrogenesis of mafic collision zone magmatism: the Armenian sector of the Turkish-Iranian Plateau. *Chem. Geol.* 403, 24–41. <https://doi.org/10.1063/1.2756072>

Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moorbat, S., Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collisional volcanism in eastern Anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 44, 189–229.

Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society Special Publication* 42, 313–345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>

# CO<sub>2</sub>-Hydrierung zu CH<sub>4</sub> an Fe-basierten Katalysatoren

## Bernhard-von-Cotta-Preis 2021

Johann Kirchner

### Einleitung und Zielstellung

Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Verwendung fossiler Energieträger entstehen, sowie der Fokus auf den Einsatz erneuerbarer Energieträger sind seit vielen Jahren ein fest definiertes Ziel innerhalb Deutschlands und im internationalen Umfeld. Vor allem im Bereich der Stromerzeugung wurde 2020 ein Anteil erneuerbarer Energien von 45,2 % erzielt (in Deutschland maßgeblich Wind- und Solarenergie). Dem gegenüber stehen jedoch deutlich geringere Anteile an grünen Energieträgern im Bereich

zur Standardisierung und Harmonisierung der Power-to-X-Verfahren [2].

Im Rahmen der zugrunde liegenden Dissertation liegt der Fokus auf der Untersuchung neuartiger Katalysatoren für die Methanisierung, wie sie innerhalb des Power-to-Gas-Konzepts zum Einsatz kommt. Ein beispielhaftes Prozessschema kann Abbildung 1 entnommen werden. Innerhalb der Power-to-X-Verfahren ist die Methanisierung zur Herstellung von SNG (Synthetic Natural Gas; synthetisches Erdgas) Vorreiter in der industriellen Umsetzung. Von 2013 bis 2021 betreibt die Audi AG im

norddeutschen Werlte eine Anlage zur Herstellung von 325 Nm<sup>3</sup>/h SNG, welches aus Wasserstoff (H<sub>2</sub>) von einer 6 MW-Elektrolyse und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus Biogas hergestellt wird (seit 2021 Betrieb durch e-gas GmbH). Das so erzeugte SNG kann entweder in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden oder durch Verflüssigung zu LNG als Kraftstoff Verwendung finden.

Die Synthese von Methan mittels CO<sub>2</sub>-Hydrierung wurde 1902 von Paul Sabatier und Jean Baptiste Senderens gefunden [3], die bereits in Ni-Katalysatoren eine hohe Aktivität nachgewiesen haben. Ziel der Dissertation ist die Untersuchung von neuartigen Fe-basierten Katalysatorsystemen, die sich im Vergleich zu Ni durch ihre toxischologische Unbedenklichkeit und einen bis zu Faktor 200 geringeren Preis auszeichnen. Zudem soll eine kombinierte Gasaufbereitung und CO<sub>2</sub>-Hydrierung zu CH<sub>4</sub> evaluiert werden, um simultan zur Methanisierung störende Biogas-Begleitstoffe (z. B. H<sub>2</sub>S) zu entfernen.

### Wissensbasiertes Katalysatordesign aufgrund Struktur-Aktivitäts-Korrelationen

Der Fokus der Untersuchungen liegt in dem wissensbasierten Design sowie der Optimierung der neuartigen Katalysatoren und der Betriebsbedingungen basierend auf einem grundlegenden Verständnis von Struktur-Aktivitäts-Korrelationen sowie dem Reaktionsmechanismus. Dazu werden im ersten Schritt insgesamt 15 verschiedene Eisenoxid-Vorstufen als Methanisierungskatalysatoren hinsichtlich ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften untersucht, wobei eine Vielzahl analytischer Verfahren Anwendung findet: Röntgendiffraktometrie (XRD), <sup>57</sup>Fe-Mößbauerspektroskopie, Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS), N<sub>2</sub>-Physisorption (BET, BJH), Röntgenfluoreszenzspektroskopie, Ramanspektroskopie und temperaturprogrammierte Verfahren (NH<sub>3</sub>-TPD, H<sub>2</sub>-TPD, H<sub>2</sub>-TPR, TPH). Im Anschluss erfolgt die Untersuchung der katalytischen Aktivität in einem Laborteststand mit Katalysatoreinwaagen im Bereich von 0,2 bis 5,0 g. Hierzu wurde ein standardisiertes Versuchsprogramm entwickelt, um eine belastbare vergleichende Betrachtung der unterschiedlichen Materialien zu gewährleisten. Diese ist beispielhaft in Abbildung 2 dargestellt. Hintergrund ist, dass die Eisenoxide vor der CO<sub>2</sub>-Hydrierung mittels Reduktion in ihre aktive Form überführt werden müssen. Im Rahmen der Arbeit werden verschiedene Aktivierungsprozeduren untersucht, wobei sich die nachfolgende Abbildung

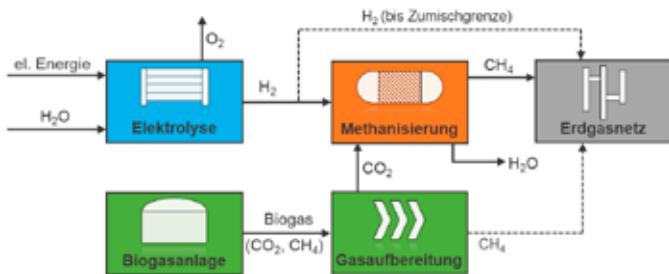


Abb. 1: Prozessschema zur Erzeugung von synthetischem Erdgas ausgehend von biogasstämmigem CO<sub>2</sub> gemäß des Power-to-Gas-Konzepts.

Wärme (15,3 % in 2020) sowie Verkehr (7,6 % in 2020); jeweils bezogen auf den Endenergieverbrauch [1]. Eine herausfordernde Herausforderung unserer Zeit besteht im Transfer des erneuerbaren Stroms in andere Bereiche, was auch unter dem Begriff Sektorenkopplung bekannt ist, sowie der effizienten Speicherung dieser Energie. Beide Aspekte können mit sogenannten Power-to-X-Konzepten abgebildet werden, die die Umwandlung von erneuerbarem Strom in z. B. grüne Kraftstoffe adressieren. Zentraler Bestandteil dieser Verfahren ist die Elektrolyse, die Strom für die Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff nutzt. Anschließend steht der Wasserstoff als chemischer Energieträger für Folgeumwandlungen zur Verfügung, z. B. zur Herstellung von Methan (Power-to-Gas) oder flüssiger Kohlenwasserstoffe wie Methanol (Power-to-Liquids bzw. Power-to-Methanol). Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Artikels erarbeitet der Verein Deutscher Ingenieure die Richtlinie VDI 4635

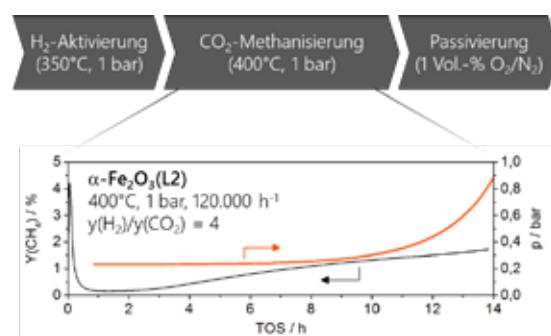


Abb. 2: Methanausbeute (schwarz) und Gegendruck über die Katalysatorschüttung (rot) während der CO<sub>2</sub>-Hydrierung an der Eisenoxid-Vorstufe  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{(L2)}$  bei 400°C und 1 bar.

auf eine  $H_2$ -Reduktion bezieht. Zudem müssen die Materialien für eine haltbare Charakterisierung im Anschluss an die Synthesegasreaktion passiviert werden, um eine Veränderung der Katalysatorphasen im Kern (z. B. durch Reaktion mit Luftsauerstoff) zu vermeiden.

Durch die Charakterisierung der 15 frischen und eingesetzten Katalysatoren werden insgesamt 390 Strukturparameter erhalten, die mit 105 Aktivitätsparametern (z. B.  $CO_2$ -Umsatz,  $CH_4$ -Selektivität, Langzeitstabilität, ...) korreliert werden. Um die Abhängigkeiten zu prüfen, wurde ein statistisches Korrelationsmodell entwickelt. Beispielhaft soll der in Abbildung 3 dargestellte Zusammenhang zwischen Aktivität und Struktur beschrieben werden. Es wird deutlich, dass die Kristallitgröße der entstehenden Eisencarbiddphasen während der  $CO_2$ -Hydrierung mit der  $CH_4$ -Ausbildung korreliert. Unter Synthesegasbedingungen bilden sich bei allen Eisen-Katalysatoren hauptsächlich die Kristallphasen  $Fe_3C$  und  $Fe_5C_2$  aus, wobei kleinere Kristallite mit einer höheren  $CH_4$ -Bildung einhergehen. Diese kleinen  $Fe_xC$ -Kristallite werden bevorzugt von Eisenoxid-Vorstufen mit einer hohen Reduzierbarkeit gebildet (ausgedrückt als Dauer für die Reduktion der Eisenoxide zu metallischem Eisen bei definierten Reduktionsbedingungen), was ebenfalls in Abbildung 3 dargestellt ist.

Diese Ergebnisse werden als Grundlage für die Auswahl bzw. das Design eines optimierten Katalysators genutzt, der sich durch eine hohe Aktivität bezüglich der Methanbildung auszeichnet.

### Strukturänderungen während der $CO_2$ -Hydrierung und Reaktionsmodell

Wie in Abbildung 2 ersichtlich, zeichnen sich die Fe-basierten Methanisierungskatalysatoren durch mitunter signifikante Aktivitäts- und Struk-

turänderungen während der  $CO_2$ -Hydrierung aus. Für die wissensbasierte Optimierung, vor allem im Hinblick auf die Langzeitstabilität, ist ein fundiertes Verständnis dieser strukturellen Änderungen sowie des Reaktionsmechanismus unabdingbar. Dies wird durch den Einsatz komplementärer *in situ*-Ober-

flächen- und -Bulkanalysen erzielt. In Abbildung 4 sind die Röntgenphotoelektronenspektren des aussichtsreichsten Fe-Katalysators während der  $CO_2$ -Methanisierung bei  $400^\circ C$  und 1 bar dargestellt. Dabei werden aus der Probe mittels Röntgenstrahlen Photoelektronen herausgelöst, deren kinetische Energie spezifisch für das Element sowie die Bindungsform ist. Da der freie Austritt der Photoelektronen nur bis zu einer Probentiefe von ca. 10 nm gewährleistet ist, können mit diesem Verfahren spezifische Aussagen zur Katalysatoroberfläche getroffen werden. Die in den Spektren dargestellten Versuchszeiten stimmen mit dem in Abbildung 2 dargestellten Aktivitätstest überein.

Neben den Fe2p- und O1s-Spektren soll besonderes Augenmerk auf das C1s-Spektrum zur Charakterisierung der Oberflächenkohlenstoffspezies gelegt werden. Im Vergleich zur reduzierten Fe-Probe zeigt sich nach 5 min Versuchszeit unter reaktiver Synthesegasatmosphäre ein ausgeprägtes

Signal bei 283,7 eV, welches carbidischem bzw. amorphem Oberflächenkohlenstoff zuzuschreiben ist. Mit zunehmender Versuchszeit wird dieser Peak durch eine weitere Kohlenstoffspezies bei etwa 284,6 eV überlagert, der graphitischem Kohlenstoff zuzuordnen ist [4]. Dies bestätigt die kontinuierliche Ablagerung von graphit-ähnlichen Bulk-Koh-

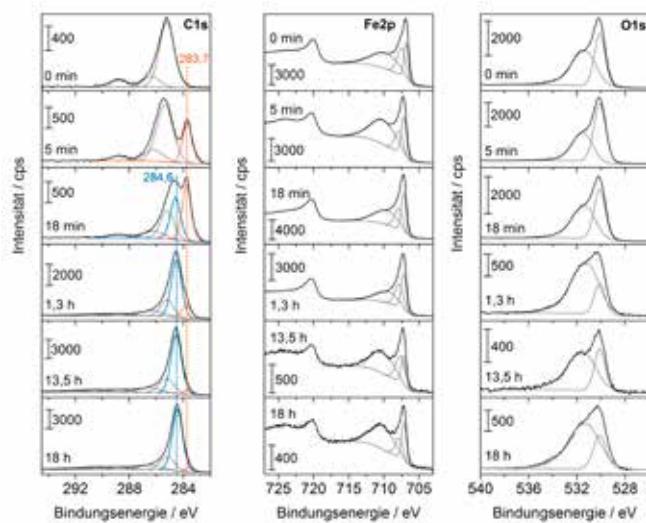


Abb. 4: C1s-, Fe2p- und O1s-Röntgenphotoelektronenspektren des Katalysators  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ (L2) nach unterschiedlichen Reaktionszeiten der  $CO_2$ -Hydrierung bei  $400^\circ C$  und 1 bar.

lenstoffstrukturen auf dem Katalysator, die schließlich durch Verblockung der Katalysatorschüttung zu dem in Abbildung 2 dargestellten Druckanstieg im Reaktor führen. Die Relevanz der reaktiven amorphen Oberflächenkohlenstoffstrukturen, denen eine hohe Methanisierungsaktivität zugeordnet wird, sowie die graphit-ähnlichen Bulk-kohlenstoffstrukturen, die zur Verblockung führen, wird ebenfalls mittels  $^{13}C/^{12}C$ -Isotopenanalysen verifiziert. Diese belegen, dass der Kohlenstoff des  $CO_x$  durch dissoziative Adsorption reaktive Oberflächenspezies bildet, die im Weiteren zu kurzkettigen Kohlenstoffketten polymerisieren und schließlich zu Bulk-Strukturen agglomerieren.

Zur Untersuchung der morphologischen Veränderungen des Katalysators während der  $CO_2$ -Hydrierung sind in Abbildung 5 die TEM-Aufnahmen zu verschiedenen Reaktionszeiten dargestellt (auch hier entsprechen die dargestellten Versuchszeiten dem Aktivitätstest aus Abbildung 2). Die in dieser Abbildung ebenfalls wiedergegebenen Partikelgrößenverteilungen stimmen mit den *in-situ*-XRD-Ergebnissen überein, die ebenfalls einen abnehmenden Trend für die Eisencarbiddphasen mit zunehmender Versuchszeit zeigen. Im Einklang mit den zuvor beschriebenen XPS-Untersuchungen wird bereits nach 5 min Reaktionszeit eine Oberflächenschicht mit einer Dicke von ca. 1-4 nm gefunden, die amorphen Kohlenstoffstrukturen zugeordnet wird. Die zunehmende Kohlenstoffagglomeration

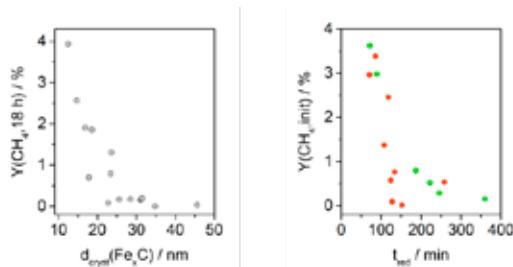


Abb. 3: Korrelation der Eisencarbidd-Kristallitgröße mit der  $CH_4$ -Ausbeute (links) und Korrelation der Dauer für eine vollständige Reduktion der Eisenoxid-Vorstufen (rot:  $Fe_2O_3$ , grün:  $Fe_3O_4$ ) mit der  $CH_4$ -Ausbeute (rechts).

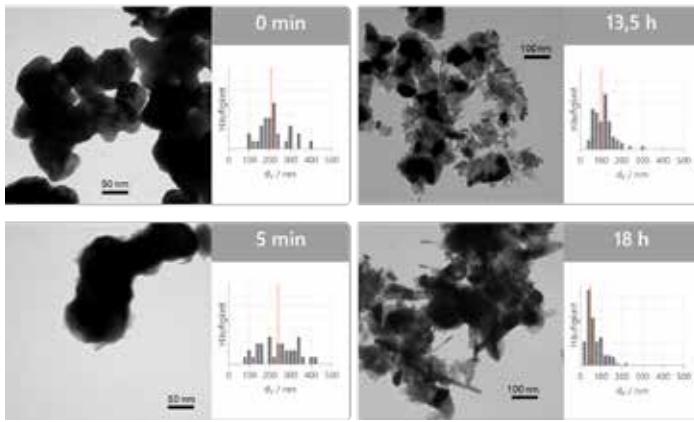


Abb. 5: TEM-Aufnahmen des Katalysators  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (L2) sowie Partikelgrößenverteilung nach unterschiedlichen Reaktionszeiten der  $\text{CO}_2$ -Hydrierung bei  $400^\circ\text{C}$  und 1 bar.

zeigt sich durch den steigenden Anteil der Flächen mit geringem Kontrast. Die Partikelgrößenverteilung führt zur Interpretation, dass die Kohlenstoffspezies sich ebenfalls im Poresystem des Eisencarbids-Kerns ausprägen und diesen aufbrechen bzw. filamentähnliche Kohlenstoffstrukturen Eisencarbid-Partikel herauslösen. Wie zuvor beschrieben, weisen diese kleinen Eisencarbid-Kristalle eine erhöhte Methanisierungsaktivität auf.

Durch einen vergleichenden Aktivitätstest unter erhöhtem Druck kann zudem ausgeschlossen werden, dass die Erhöhung der  $\text{CH}_4$ -Ausbeute bei fortgeschrittenen Versuchszeiten (Abbildung 2) allein auf die positive thermodynamische Beeinflussung der  $\text{CO}_2$ -Methanisierung durch die Druckerhöhung zurückgeführt werden kann.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in dem schematischen Reaktionsmodell in Abbildung 6 dargestellt, welches auf konkurrierenden Kohlenstoff-Reaktionspfaden basiert. Ausgehend von atomarem Oberflächenkohlenstoff erfolgt die Kohlenstoffdiffusion in den Katalysatorkern, was zur Bildung

Aktivierungsprozedur, haben dabei einen signifikanten Einfluss auf das Verhältnis der genannten Reaktionsgeschwindigkeiten.

### Technisch relevante Tests

Ausgehend von den zuvor beschriebenen wissensbasierten Optimierungen der Katalysatormaterialien sowie der Prozess- und Aktivierungsbedingungen erfolgt eine Untersu-

chung am Laborteststand unter technisch relevanten Bedingungen (geringe Raumgeschwindigkeiten, hohe Drücke). Abbildung 7 zeigt, dass bei  $400^\circ\text{C}$  und 15 bar eine maximale  $\text{CH}_4$ -Ausbeute von 81 % erzielt wird. Diese übersteigt deutlich die höchste  $\text{CH}_4$ -Ausbeute an Fe-Katalysatoren (34 %), die innerhalb einer Literaturstudie im Rahmen der Dissertation gefunden wurde [5], und

der Eisencarbide führt. Weiterhin ist die Hydrierung zu  $\text{CH}_4$  möglich oder eine Agglomeration bis hin zu graphitischen Kohlenstoffablagerungen.

Die Wahl der Reaktionsbe-

dingungen (Druck und Temperatur), aber auch der

Abschließend kann gezeigt werden, dass die Fe-basierten Katalysatoren eine hohe Stabilität gegenüber  $\text{H}_2\text{S}$  aufweisen, was ein typischer Bestandteil von Biogas ist und somit als Störstoff für Power-to-Gas-Anwendungen zur Umsetzung von biogasstömmigem  $\text{CO}_2$  beachtet werden muss. Während

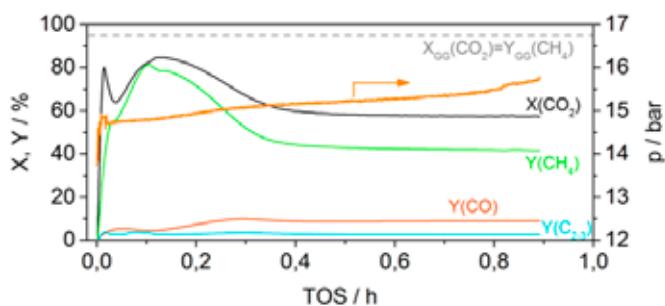


Abb. 7:  $\text{CO}_2$ -Umsatz sowie Ausbeute an  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  und  $\text{C}_2+\text{C}_3$ -Kohlenwasserstoffe des Katalysators  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (L2) und Reaktordruck während der  $\text{CO}_2$ -Hydrierung bei  $400^\circ\text{C}$ , 15 bar, 20Vol.-%  $\text{CO}_2$ /80Vol.-%  $\text{H}_2$  und  $6.700\text{ h}^{-1}$ . Aktivierung in 8Vol.-%  $\text{H}_2$ /4Vol.-%  $\text{CO}$  in  $\text{N}_2$  bei  $350^\circ\text{C}$  und 1 bar für 16 h.

der kommerzielle Ni-Referenzkatalysator bei Zugabe von 0,1 ppmv  $\text{H}_2\text{S}$  zur Synthesegasmatrix ( $350^\circ\text{C}$ , 1 bar,  $120.000\text{ h}^{-1}$ ) nach ca. 170 h die Hälfte an Aktivität verloren hat, kann der aussichtsreichste Fe-Katalysator ohne Aktivitätseinbußen bei diesen Bedingungen betrieben werden.

### Literaturverzeichnis

- 1 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand: Februar 2022.
- 2 VDI News, Power-to-X-Technologien für die Sektorenkopplung, 12.11.2021 (<https://www.vdi.de/news/detail/power-to-x-technologien-fuer-die-sektorenkopplung> inkl. VDI-Agenda).
- 3 P. Sabatier, J.B. Senderens, C. R. Acad. Sci. 134 (1902) 689–691.
- 4 A. Furlan, U. Jansson, J. Lu, L. Hultman, M. Magnuson, J. Phys. 27 (2015) 45002.
- 5 M. Albrecht, U. Rodemerck, M. Schneider, M. Bröring, D. Baabe, E. v. Kondratenko, Appl. Catal., B 204 (2017) 119–126.

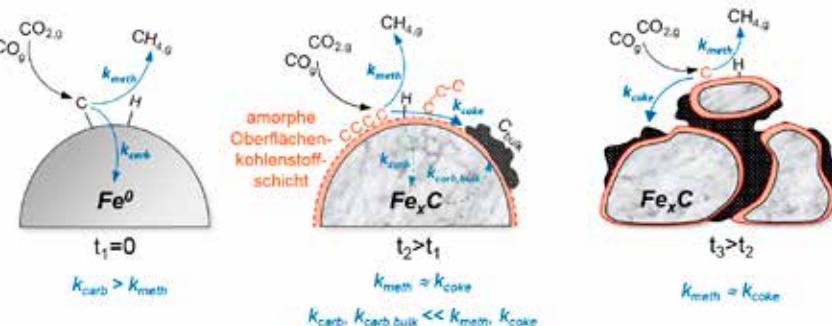


Abb. 6: Reaktionsmodell der  $\text{CO}_2$ -Methanisierung an Fe-Katalysatoren für die Anfangsphase nach der  $\text{H}_2$ -Aktivierung ( $t_1$ ), nach vollständiger Carbidisierung des Katalysators ( $t_2$ ) und für Fe-Katalysatoren mit großen Mengen an Kohlenstoffablagerungen ( $t_3$ ).

# Gesundheitskommunikation

## Die Schnittstelle zwischen Kultur und Kommunikation im Ebola-Management in Liberia in 2014/15

Angelina Naa Amlah Böhnisch

### Intro

Im folgenden Artikel wird die Dissertationsschrift von Frau Dr. Angelina Naa Amlah Böhnisch vorstellt. Frau Dr. Böhnisch ist gebürtige Ghanaerin und forschte – zum Teil vor Ort – zur Epidemiekommunikation in Liberia. Die englischsprachige Arbeit entstand unter Begleitung von Professor Dr. Michael B. Hinner, TU Bergakademie Freiberg sowie Professor Dr. John Oetzl, University of Waikato (Neuseeland) und wurde 2021 mit einer Anerkennungsprämie des VFF ausgezeichnet.

### Einleitung

Die Ebola-Epidemie in Liberia (28.616 bestätigte Fälle) forderte bis zum Dezember 2015 insgesamt 11.310 Todesopfer (WHO, 2016). Die hohe Opferzahl ist einerseits auf den katastrophartigen Ausbruch der Krankheit und andererseits die Unwirksamkeit von Empfehlungen seitens Behörden und Gesundheitsämtern zurückzuführen. Freiwillige Änderungen gesundheitsgefährdender Verhaltensweisen konnten nicht oder nur in geringem Maße erreicht werden. Konventionelle Gesundheitskommunikationsprozesse und -konzepte scheiterten, da die Bevölkerung schlicht den Sinn und die Relevanz der verbreiteten Informationen und Maßnahmen nicht erfasste. Lebenskontext wie auch kulturelle Kommunikationsweisen der „einfachen Bevölkerung“ wurden dabei zu wenig beachtet.

Genau hier, nämlich an der Wechselwirkung zwischen Kultur und Kommunikation, setzt die englischsprachige Dissertation an. Ziel war es, a) die kulturelle Kommunikationsstruktur vor Ort zu

erfassen und b) ein Handlungsraster zu erarbeiten, welches das Alltagsverhalten der Bevölkerung gezielt beeinflusst sowie Verhaltensänderungen in relativ kurzer Zeit bewirken kann.

Im Rahmen der Feldforschung zeigte sich, dass vor allem das Konzept der Gemeinwesenentwicklung (Community Mobilisation) einen zentralen Erfolgsfaktor in Bezug auf gelingende Krisenkommunikation darstellt. Durch die explizite Einbettung kontextspezifischer Elemente (Gemeinde oder Community Ansatz in einen theoretisch fundierten Kommunikationsrahmen) entstand schließlich das „ökologische kollegiale Kommunikationsmodell“ (*Ecological Collegial Communication Model, ECCM*) als Kernprodukt der Dissertation.

### Forschungshintergrund

Aufgrund einer hohen Sterblichkeitsrate, der schnellen Übertragbarkeit und des kurzen Zeitraums zwischen Infektion und Ausbruch bzw. Tod wird Ebola international nicht nur als Krankheit, sondern auch als biologische Waffe eingestuft.

Die Ebola-Epidemie in den Jahren 2014/15 breitete sich dabei besonders schnell und unkontrolliert aus. Ursachen hierfür waren:

- traditionelle, nicht hygienekonforme Praktiken bei der Bestattung Verstorbener (WHO, 2015; Alexander, et al., 2015; Drake et al., 2015; Brooks, 2014; Fairhead, 2014; Richards, 2014; Omidian, et al., 2014;)
- Fehlende Isolation/Hygienemaßnahmen bei der Pflege von Erkrankten,
- allgemeines Misstrauen der Bevölkerung gegenüber Experten und Ge-

sundheitseinrichtungen (Fairhead, 2014; 2015; Allen und Lacson, 2015; Tokpa et al., 2015)

- unzureichende medizinische Grundversorgung (Agyepong, 2015; WHO, 2015; CDC, 2014; MSF, 2014; Summers et al., 2014; Wilkinson und Leach, 2014; Hewlett, 2008)
- zu langsame internationale Unterstützung (MoH Liberia) (Böhnisch, 2016)
- fehlendes Vertrauen in offizielle Kommunikationskanäle oder Medien (WHO, 2015; Omidian et al., 2014)
- fehlende Zusammenarbeit zwischen Regierung und Verwaltungsgremien der Kommunen (WHO, 2015; Omidian et al., 2014)
- Verbreitung falscher Informationen mit sozialen, religiösen oder politischen Begründungen (Fairhead, 2014; 2015; Allen und Lacson, 2015; Tokpa et al., 2015; Böhnisch, 2016).

### Theoretischer Hintergrund

Das Problem wurde in der Vergangenheit vor allem aus sozial-wirtschaftlicher oder politischer Sicht untersucht. Exemplarisch seien hier Studien von Wilkinson und Leach (2014), Brooks (2014), Pandey et al. (2014), Allen und Lacson (2015), Abramowitz et al. (2015), Moore (2014) und Agyepong (2015) genannt.

In der vorgelegten Dissertation wird die epidemische Situation aus kommunikationswissenschaftlicher Sicht betrachtet. Darüber hinaus fanden im Sinne einer Multidisziplinaritätsstudie die Theorien zu a) struktureller Gewalt/Schwäche (Sprengler et al. 2016; Wilkinson Leach, 2014; Tokpa et al., 2015; Brooks, 2014; Hewlett,



Abb. 2: Beispiel eines Aufklärungsflyers

2008), b) bi-kulturellen Kommunikationspraktiken (Chandler et al., 2014; Fairhead, 2014; 2015; Baloyi und Makobe-Rabothata, 2013; Hewlett und Hewlett, 2008), sowie c) Risikokommunikation (Abramowitz et al. 2015; Alexander et al., 2015; Moore, 2014, WHO, 2015; Omidian et al., 2014; Hewlett und Hewlett, 2008; Stokols, 1992) Anwendung.

In der Kommunikationswissenschaft werden die Reaktionen nach dem Empfang einer Nachricht als Indikatoren zur Messung der Wirksamkeit oder vollständigen Erfassung selber verwendet (Mongeau, 2013; Stiff und Mongeau, 2016; Bator and Cialdini, 2000; Berger et al., 2009).

Beim Ansatz der persuasiven Kommunikation (oder auch Überredungskunst) wird die Nachrichtenwirksamkeit anhand des Verhaltens vor und nach dem Empfang einer Nachricht bewertet. Die Grundannahme ist, dass eine explizite Botschaft automatisch kognitive Prozesse zur Informationsverarbeitung anregt. Menschen werden dazu motiviert, ihr Verhalten zu ändern – und möglichst an den Empfehlungen in der Nachricht auszurichten (Bandura, 2001; Azjen, 1992; 1980; Atkin, 2001; Bennett, 2013; Bodenhausen et al., 2013; Cacioppo et al. 1986).

In der Praxis alltäglicher Kommunikation passiert aber meist das Gegenteil: Verhaltensweisen werden aufrechterhalten oder führen zur Verstärkung nicht nur von Handlungen, sondern auch dahinterliegenden Einstellungen.

## Forschungsfrage und -design

Die Arbeit an der Dissertation folgte drei forschungsleitenden Fragen:

- Welche kulturellen Kommunikationselemente bewirken Verhaltensänderungen? (theoretische und empirische Auseinandersetzung mit persuasiven kommunikativen Interventionen)
- Wie können diese Kommunikationselemente im Rahmen der kommunikativen Intervention integriert werden? (Erstellung eines ganzheitlichen, multidisziplinären und kulturell sensiblen persuasiven Kommunikationsmodells)
- Wie wirksam ist das *Ecological Collegial Communication Model*? (Implementierung eines ganzheitlichen, multidisziplinären und kulturell sensiblen persuasiven Kommunikationsmodells)

Abbildung 1 zeigt das grobe Vorgehen. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein multimethodischer Ansatz gewählt. Zur Datenerhebung wurden folgende Methoden eingesetzt:

### a) Dokumentenanalyse

Betrachtet wurde hier neben amtlichen Aufzeichnungen, bspw. Sitzungsprotokolle und Berichte, vor allem Informationsmaterial, wie bspw. Flyer, Poster, Broschüren und Audiomitschnitte.

### b) Teilnehmende Beobachtung

Mit der teilnehmenden Beobachtung konnte ein ethnographischer Zugang realisiert werden. Dabei lebte die Autorin a)

insgesamt 30 Tage im Ballungszentrum Monrovia in einer Wohnung an der Haupt- und verkehrsreichsten Straße

in der Hauptstadt Liberias, etwa 5-10 Minuten mit dem Auto (je nach Verkehrsstau) vom größten Slum entfernt und direkt neben dem Büro der Vereinten Nationen in Liberia.

b) In Ergänzung dazu verbrachte sie jeweils einen Tag in Todee und Caresburg (ca. 500 Einwohner). Idee der Ethnographie ist es, den Alltagskulturen so nahe wie möglich zu kommen und eine Zeit als Teil von ihnen zu leben. Dazu gehören



(Foto: Böhnisch, 2016)



(Foto: Böhnisch, 2016)



(Foto: Böhnisch, 2016)

Abb. 3: Fokusgruppendiskussionen in Todee

hier bspw. die Mischung unter Menschenansammlungen, Teilnahme am Markttreiben, Nutzung von Nahverkehrsmitteln, Besuch von Bars/Pubs oder Small Talk über tagesaktuelle Themen. Beobachtungsfoki waren insbesondere Fürsorgehandlungen (helfen, teilen, gemeinsam essen), emotionale Reaktionen auf Situationen, Interaktionsmuster und Gesten.

Die Notizen wurden entweder elektronisch (per Handy wie beim Schreiben einer SMS, um jeglichen Verdacht oder das Gefühl, durch einen Fremden beobachtet zu werden, auszuschließen) oder manuell in einem Notizbuch gemacht und im Anschluss transkribiert. Eine besondere Beobachtungssituation ergab sich beim Besuch einer Ebolasprechstunde (insgesamt fünf Mal) im städtischen Klinikum.

### c) Gruppendiskussion

Mit der Unterstützung lokaler Forschungsassistenten konnten sog. Fokusgruppendiskussionen (FGD) durchgeführt werden. Insgesamt wurden zwölf FGDs mit jeweils neun bis zwölf Teilnehmenden (mit möglichst weiter Streuung bzgl. Alter, Herkunft, Bildungsstand etc.) in

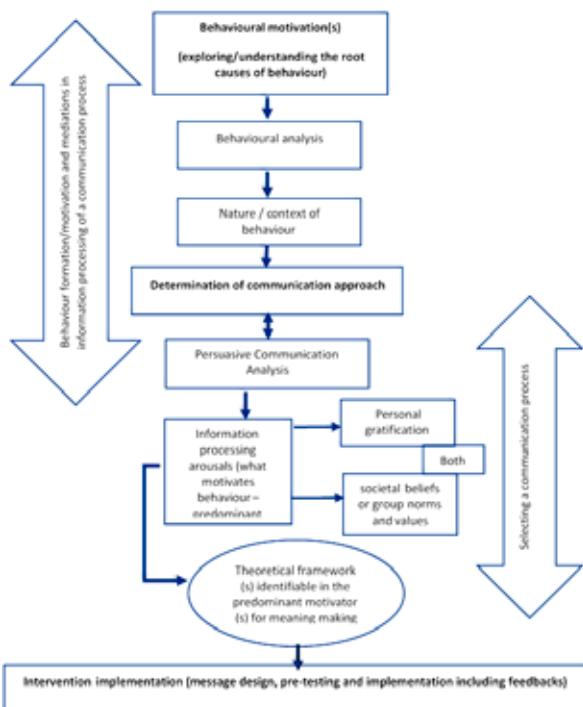


Abb. 1: Autorenkonstrukt: grobe analytische Vorgehen

Culture and decoding Code Co-occurrence Model

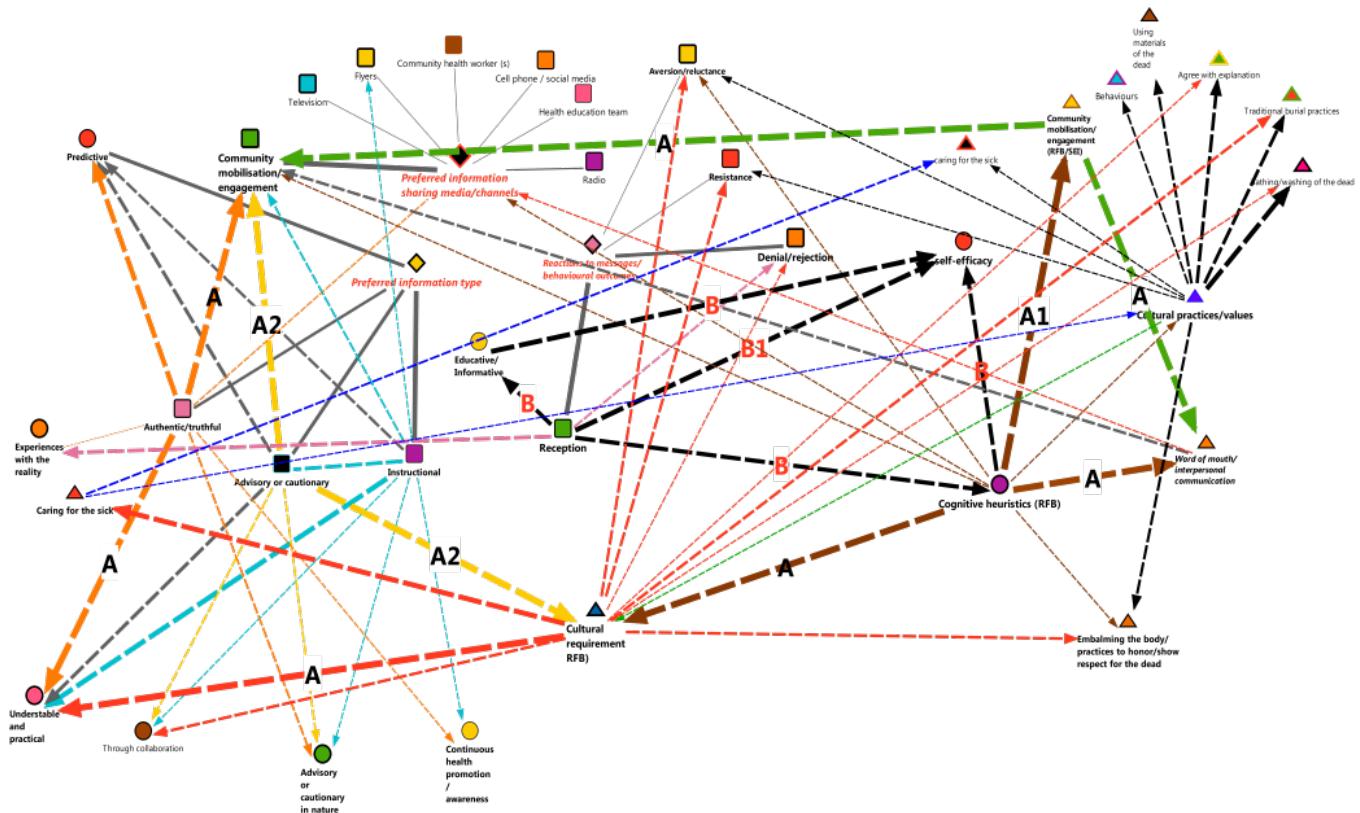


Abb. 4: Beispiel - Darstellung von Analyseergebnissen in Bezug auf eine effektive Kommunikation

West Point (Slum), New Kru Town (Slum), Dupond Road South (Stadtrandgemeinde), Caresburg (Dorf) und Todee (Dorf) organisiert. Die Rekrutierung der Teilnehmenden war abhängig von deren Wohnsitz, mit Ausnahme von Caresburg und Todee, wo auch Teilnehmende aus den angrenzenden Dörfern wie Kakata rekrutiert wurden. Zusätzlich wurden jeweils zwei FGDs exklusiv für Ebolaüberlebende und traditionelle Heiler organisiert. Insgesamt zwölf traditionelle Heilerinnen und Heiler und einundzwanzig (21) Ebola-Überlebende nahmen an den FGDs teil.

#### d) Experteninterviews

Es wurden darüber hinaus zehn halbstrukturierte Interviews mit Verantwortlichen/Multiplikatoren von Regierungsinstitutionen, NGOs und der WHO geführt, die

entweder als ausgewiesene Ebolaexperten gelten oder während des Ausbruchs aktiv am Epidemiemanagement beteiligt waren.

Ausgewertet wurde das Material mit der *Grounded Theory* nach Charmanz (konstruktivistischer Ansatz) (Bryant und Charmanz, 2007). Der Auswertung wurde mittels einer ständigen Vergleichsanalyse durchgeführt. Abbildung 4 zeigt eine Beispielanalyse der Eigenschaften einer effektiven Kommunikation in Liberia (eine Darstellung von Analyse-Ergebnisse in Maps).

## Ergebnisse

„Community mobilization“ (aus der Entwicklungspolitik und Projektplanung - ein Prozess, der alle Akteure zusammenbringt um Lösungen für aktuelle Probleme zu finden) - wurde als der zentrale kulturelle Einflussfaktor sowohl auf struktureller als auch auf psychologischer Ebene identifiziert. Nur dadurch konnten letztendlich Verhaltensänderung in Liberia bewirkt werden. Zentrale Elemente von „Community Mobilization“ sind lokal bekannte Persönlichkeiten als Nachrichtenvermittler, eine emotionale und vorwiegend mündliche Vermittlung von Nachrichten, Nutzung der lokalen und indigenen Sprachen und ergänzend dazu

Musik und Theater zur gemeinsamen Bewusstseinsbildung.

Die hohe Wirksamkeit ist begründet durch

- Vertrautheit/Identifikation mit der Sprache
- Authentizität der Nachrichtenvermittler
- situative Relevanz.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde im Rahmen der Dissertation ein Modell entwickelt, das sog. „Ecological Collegial Communication Model“ (ECCM).

Kurz gesagt: In diesem Modell werden die Gesundheitsbotschaften in den ethnischen und indigenen Sprachrahmen übersetzt. Mittels vertrauter Worte, Redewendungen und umgangssprachlicher Ausdruckweisen werden die Botschaften auf den Wertehintergrund der jeweiligen Gruppierung zugeschnitten. In Ergänzung dazu fungierten ethnische und glaubwürdige Persönlichkeiten sowohl als Quelle als auch Kanal in der Kommunikation.

Die folgende Grafik zeigt den Kommunikationsprozess im ECCM und das Muster der strukturellen Interaktionen in der Nachrichtengestaltung und -verbreitung. Stakeholder A repräsentiert die betroffenen

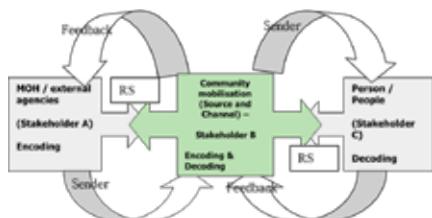


Abb. 5: Autorenkonstrukt: Kommunikation aus Sicht der ECCM

fene Behörde, Agentur oder Institution, die die persuasive Kommunikationsintervention initiiert/durchführt. Stakeholder B ist Quelle und Kanal für die Übermittlung von Kernbotschaften an die Zielgruppe. Hierbei handelt es sich um glaubwürdige und vertrauenswürdige Personen innerhalb der Gemeinschaft. Stakeholder C ist die Zielgruppe, bei der eine Verhaltensänderung bei Pandemieausbruch angestrebt wird. Die Schnittpunkte der Pfeile zeigen die bidirektionale Natur des Informationsaustauschs zwischen den Beteiligten im ECCM.

Zusätzlich muss ein kontextspezifisches Element bestimmt werden. Die Auswahl erfolgt anhand der Eignung bzgl. folgender Aspekte. Es muss dazu geeignet sein, a) Glaubwürdigkeit aufzubauen, b) traditionelle Ansätze in der Kultur zur Sinnstiftung und Verhaltensmotivation zu übernehmen und zu nutzen, c) Aktivitäten zur Einbeziehung der Gemeinschaft in den Veränderungsprozess zu übernehmen und zu zentralisieren und d) die Fähigkeit haben, Gesundheit und Anfälligkeit symbolisch zu konzeptualisieren.

Das Modell ist nicht linear, es ist zirkulär. Bei der Modellierung von Botschaften fließt das erhaltene Feedback wieder ein. Dies kann als Vorteil angeführt werden.

Die Grenzen des Modells liegen in der Reaktionszeit der beteiligten Akteure im Notfall sowie in der Kosten bzgl. der präventiven Anwendung.

### Fazit

Das 21. Jahrhundert ist von zunehmender Globalisierung und hoher Mobilität gekennzeichnet. Wie am Beispiel von Ebola gezeigt, haben diese Faktoren einen großen Einfluss auf die Übertragung von Krankheiten sowie das Inzidenz- und Prävalenzmanagement. Eine kostbare und knappe Ressource im Epidemie- und Krisenmanagement ist Zeit. Mit Blick auf die Auswirkungen von Epidemien auf die globale Gesundheitssicherheit, das Wirtschaftswachstum einzelner Länder sowie Migrationsbewegungen ist sie nicht zu unterschätzen. Es zeigt sich dringender Bedarf für die Entwicklung einer oder mehrere umfassenden Theorien(n) für eine effektive Kommunikation. Wie Hagger und Weed (2019) feststellen, nehmen Verhaltenstheorien Anleihen aus verschiedenen Disziplinen wie Psychologie, Soziologie oder Verhaltensökonomik. Innerhalb dieser Disziplinen wurden mehrere Verhaltensdeterminanten identifiziert, darunter Überzeugungen, Motivation und Absichten, individuelle Unterschie-

de, sozialer Einfluss sowie Umwelt und Demografie. Bei der Überarbeitung und Entwicklung effektiver und überzeugender Kommunikationstheorien muss ein Gremium mit Fachleuten unter anderem aus den Disziplinen Anthropologie, Sozialwissenschaften, Psychologie, Biomedizin, Pharmakologie und Kommunikations- und Informationsmanagement gemeinsam aktiv werden. Angesichts der Vielzahl von Disziplinen und Determinanten von Verhaltenstheorien ist es ebenso notwendig, ein multidisziplinäres Gremium für die praktische Umsetzung der Theorien zu konstituieren. Ohne dieses würde die bloße Verwendung des theoretischen Rahmens in der Kommunikation möglicherweise nicht die gewünschte Wirksamkeit erzielen. Das ECCM verbildlicht die Wechselbeziehungen, die zwischen den verschiedenen Bereichen/Disziplinen innerhalb eines integrierten Kommunikationsrahmens im Gesundheitskommunikationsmanagement bestehen. Das ECCM des Ebola-Ausbruchs sollte als grundlegender Rahmen genutzt werden, um den Prozess einer kollaborativen und konzentrierten zielgerichteten Entwicklung einer multidisziplinären Zusammenarbeit für das Management effektiver Kommunikation während einer Epidemie anzustoßen.

## Geländepraktikum Tektonik I – Niedere Tauern

### 17. bis 30.09.2021

Juliane Schaffer, Lea Schulze



Kuh am Wanderweg mit Blick nach Osten auf die Franz-Fischer-Hütte.  
Foto: Benjamin Hartmann



Westseite der Franz-Fischer-Hütte mit Betreuer und Studenten.  
Foto: Lea Schulze



Rückweg zur Franz-Fischer-Hütte mit Blick ins Tal.

Am frühen Morgen des 17.09.2021 starteten wir unsere Fahrt von Freiberg nach Österreich mit vollen Reisesachen, um für die unterschiedlichsten Witterungsverhältnisse in den Alpen gewappnet zu sein. Unsere Reisegruppe bestand aus sieben Studierenden

aus verschiedenen Semestern der beiden Studiengänge Geologie/Mineralogie und Geowissenschaften. Betreut wurde die Exkursion von Dr. Susanne Schneider und Johannes Rembe.

Fast am Ziel angekommen, konnten wir erst einmal unser schweres Gepäck

an einer nahegelegenen Alm ablegen, das dann später von Hüttenwirt Tom zur Unterkunft gefahren wurde. Danach wagten wir endlich den Aufstieg zur Franz-Fischer-Hütte, wobei noch etwa 500 Höhenmeter zurückzulegen waren. Nach ca. einer Stunde waren

wir auf 2.020 m angekommen, und die Aussicht war überwältigend. Auch die Franz-Fischer-Hütte glänzte in ihrem modernen Design: außen und innen aus hellem Holz, Sanitäranlagen in edelstählernem Glanz und viel Licht, das durch große Fenster flutete. Am Abend bereitete uns Hüttenwirtin Evelyn ein super leckeres vegetarisch/veganes 4-Gänge-Menü zu, denn es handelt sich um die wahrscheinlich erste zu 100% vegan & vegetarische Hütte in den Alpen.

Am nächsten Tag konnte es dann richtig losgehen. Mit einem reichhaltigen Frühstück im Magen wanderten wir zuerst auf den Stierkarkopf (2.366 m), um uns mit der dortigen Geologie vertraut zu machen. Hier ließen sich besonders Dolomite oder Mergelschiefer der Gutenstein-Formation ausmachen. In der zweiten Tageshälfte standen dann noch weitere Gesteine und Gesteinsformationen auf dem Pro-

gramm, wie beispielsweise Serizitquarzite, gneisig/kalkige Glimmerschiefer oder Tonschiefer. Dabei trafen wir immer wieder auf interessante tektonische Faltenstrukturen.

In den darauffolgenden Tagen teilten wir uns in drei Gruppen und kartierten mehrere Gebiete aus, die bezüglich Geologie und Gelände teilweise anspruchsvoll waren, aber für jeden Schwierigkeitsgrad etwas dabei hatten. Dank großartiger Aussichtspunkte, zahlreicher klarer Bergseen und guten Wetters machte uns die Kartierung gleich doppelt Spaß.

Am 24.09.2021 legten wir einen Pausentag ein und fuhren nach St. Michael, um einige Einkäufe zu erledigen und um ein paar Stunden entspannen und abschalten zu können. Die Marktgemeinde im salzburgischen Lungau liegt auf 1.075 m Höhe am Fuße einer atemberaubend schönen Bergwelt.

Am letzten Kartierungstag wagten sich zwei Studenten mit Dr. Susanne Schneider auf das 2.680 m mächtige Mosermandl, das als höchster Berg der Umgebung gilt. Nach einem schwierigen Südaufstieg und zahlreichen Kletterpassagen kamen alle drei unverletzt am Gipfel an. Zurück ging es dann über den westlich gelegenen Windischkopf (2.609 m) und die Windischscharte (2.304 m).

Im Namen aller Exkursionsteilnehmer möchten wir uns ganz herzlich bei Frau Dr. Susanne Schneider bedanken. Ohne sie wäre diese Exkursion nicht möglich gewesen. Ein weiterer Dank gilt Herrn Johannes Rembe, der uns bei der Geländearbeit ebenfalls unterstützt hat. Zu guter Letzt bedanken wir uns beim Verein „Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg“ für die finanzielle Unterstützung.



Landschaft in der Nähe des Esser Sees.



Abstieg vom Mosermandl über einen schmalen Kamin.



Nordwestseite des Mosermandl vom Windischkopf aus fotografiert.



Informationsschild am Mosermandl Gipfelkreuz.



Gruppenfoto auf dem Gipfel des Mosermandl.

# Bericht über meine Teilnahme an der Europäischen Geowissenschaftskonferenz (EGU) in Wien, Österreich (23.-27. Mai 2022)

Nazia Zaffar

Ich bin Nazia Zaffar, Doktorandin am Institut für Biowissenschaften unter der Leitung von Prof. Hermann Heilmeier. Ich schreibe diesen Bericht, um darzustellen, was ich auf dieser Konferenz erreicht habe. Die o. g. EGU-Konferenz fand vom 23. bis 27. Mai 2022 in Wien statt. 7.315 Kolleginnen und Kollegen aus 89 Ländern nahmen an den Sitzungen teil. Rund 12.332 Abstracts wurden in 791 Sessions präsentiert.

Unsere Session war dem Thema „Biopathways of soil pollutants in soil-plant systems across scales - mechanistic understanding, risk assessment, and remediation approaches“ gewidmet, eine weitere dem Problemkreis „Auswirkung der organischen Beladungsrate auf die Biogasproduktion und die Konzentration von Schwermetallen und hochwertigen Elementen bei der kontinuierlichen anaeroben Co-Vergärung von Gülle und Rohrglanzgras“. Diese Konferenz hat nicht nur mein Wissen



und den Austausch von Ideen in Bezug auf mein Forschungsgebiet verbessert, sondern auch die Kommunikation und die Zusammenarbeit mit verschiedenen Wissenschaftlern auf der ganzen Welt ermöglicht, was meine beruflichen Möglichkeiten später verbessern wird.

Darüber hinaus habe ich nicht nur eine Zusammenfassung meiner Forschungsergebnisse präsentiert, sondern

auch die Chance bekommen, eine Session mit immerhin etwa 20 Beiträgen zu leiten, was mir das Selbstvertrauen gibt, auch künftig solche Aufgaben zu übernehmen. Ich möchte mich bei Professor Kretzschmar, Petra Meister und dem VFF für das Sponsoring meiner Konferenzteilnahme bedanken, ohne deren Unterstützung diese nicht möglich gewesen wäre.

## Schüler-AG Robotik: Volle Kraft voraus!

Christian Kupsch, Sebastian Zug, Gero Licht, Jakob Sablowski



Einführungsvorlesung von Prof. Dr.-Ing. Sebastian Zug

Wir finden sie überall in unserem Alltag: kleine Computer in der Waschmaschine, die die Steuerung übernehmen; Assistenzsysteme, die uns helfen, sicher Auto zu fahren; Staubsaugerroboter, die uns die Hausarbeit erleichtern. Eingebettete und robotische Systeme haben Einzug in unsere Lebenswelt

gehalten, auch wenn wir sie nicht immer wahrnehmen, und die Bedeutung dieser Technologien wird aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung in Zukunft noch stark zunehmen.

Es ist daher wichtig, Kinder und Jugendliche schon im Schulalter mit derartigen Technologien vertraut zu machen und ihnen einen Einblick in diese zu geben, der über die reine Nutzung

hinausgeht. Dabei stehen zunächst sehr grundlegende Fragen im Mittelpunkt: Aus welchen Komponenten bestehen derartige Systeme? Wie interagieren diese Komponenten? Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten sind relevant, um solche Systeme aufzubauen und zu nutzen?

Aus diesem Grund haben Prof. Dr.-

Ing. Jana Kertzschner (Professur für Elektrotechnik), J.-Prof. Dr.-Ing. Christian Kupsch (Juniorprofessur für Mess-, Sensor- und Eingebettete Systeme) und Prof. Dr.-Ing. Sebastian Zug (Professur für Softwaretechnologie und Robotik) eine Robotik-AG für Schüler der Freiberger Gymnasien entwickelt und im Sommersemester 2022 erstmals angeboten. In den 14 wöchentlichen Treffen wurden zunächst grundlegende und wichtige Fertigkeiten (Löten, Programmierung, Verständnis von Sensoren) erlernt und anschließend ein komplexeres Projekt gemeinsam mit Betreuern der Universität umgesetzt. Dieses Projekt sollte einen starken Bezug zur Lebenswelt der Schüler\*innen haben und somit deren Begeisterung wecken und sie motivieren, sich mit komplexen Fragestellungen aus Informatik, Elektrotechnik und Sensorik zu beschäftigen.

Das Motto in diesem Jahr hieß „Vol-



Aufgebauter Bootsroboter



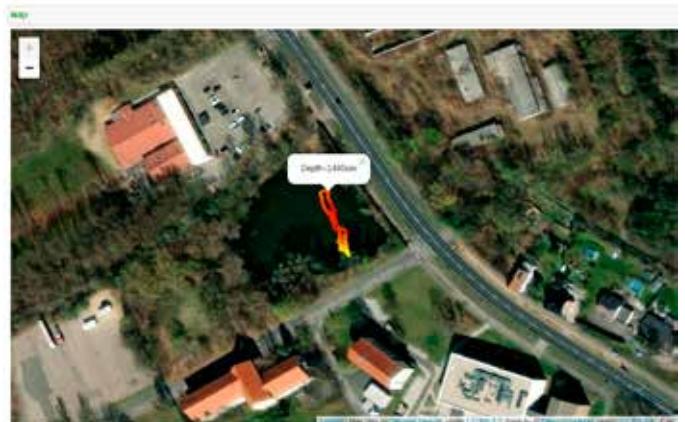
Gruppenbild der Teilnehmer und Betreuer

le Kraft voraus!“, und das Ziel bestand darin, einen Bootsroboter zu bauen, mit dem Messdaten von Gewässern, wie beispielsweise die Wassertiefe, aufgenommen werden können. Die schülergerechte Einführungsvorlesung zum Thema von Prof. Dr.-Ing. Sebastian Zug haben die teilnehmenden Schüler aktiv verfolgt und uns mit vielen guten Fragen überrascht. Anschließend wurden die wesentlichen Teilsysteme des Bootes mit den Schülern vorbereitet. Bei einem der Termine haben die Schüler mit Ultraschallabstandssensoren gearbeitet, die später zur Messung der Tiefe des Gewässers genutzt wurden. Die Positionsbestimmung mittels GPS wurde in einem weiteren Treffen besprochen und dabei geklärt, wie man Daten mit

einem Microcontroller auf Speicher-karten schreiben kann, um sie später auswerten zu können. Bei allen Veranstaltungen konnten die Schüler selbst Hand anlegen: beim Programmieren, beim Anschluss der Komponenten oder beim Testen der Sensoren. Abschließend sollte das fertige Boot getestet werden. Dazu wurden einige Fahrten über den unteren Kronenteich in Frei-

berg durchgeführt und Positions-sowie und Messdaten zur Tiefe des Gewässers synchronisiert aufgezeichnet, die anschließend zur Visualisierung des vom Boot zurückgelegten Weges und der gemessenen Wassertiefe genutzt werden konnten. Damit haben die Schüler im Laufe der Robotik AG einen umfassenden Überblick über die wesentlichen Komponen-ten und Schritte zum Aufbau ei-nes robotischen Systems kennengelernt. Wir sind uns sicher, dass wir damit unsere Begeisterung für Robotik und eingebettete Systeme mit den Schülern teilen konnten!

Die Robotik AG wurde durch den Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg finanziell unterstützt, wofür wir uns bedanken.



Visualisierung der vom Boot gefahrenen Strecke sowie der lokalen Wassertiefe (farbcodiert)

## Meine Teilnahme an der SAGE-Summerschool in New Mexico, USA

Alex Wilhelm



Am Eingang zum Valles Caldera National Preserve

Ende des Jahres 2021 erfuhr ich das erste Mal vom Summer of Applied Geophysical Experience (SAGE) durch

Professor Klaus Spitzer vom Institut für Geophysik und Geoinformatik in Freiberg. SAGE ist eine seit 1983 bestehende Summerschool mit dem Ziel, Geophysikstudieren-den die vielfältigen Methoden der angewandten Geophysik in

der Praxis näher zu bringen. Seit Beste-hen von SAGE haben bereits mehr als 1.000 Personen an dem vierwöchigen

Kurs teilgenommen. Bis auf die beiden Corona-Jahre 2020 und 2021 fand SAGE in jedem Jahr statt. Trotz der auch am Anfang 2022 unklaren Corona-Lage war ich sofort von der Aussicht einer Teilnahme begeistert. Einen Auslands-aufenthalt hatte ich in meinem Studi-um noch nicht absolvieren können und auch die Möglichkeit, meine fachlichen, sprachlichen und interkulturellen Fähigkeiten auszubauen bewegten mich schlussendlich, mich bei SAGE anzu-melden. Auch dank der Unterstützung durch Professor Klaus Spitzer und Dr. Jana Börner vom Institut für Geophysik und Geoinformatik, sowie der Förde-rung durch den „Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.“

konnte ich schließlich im Juni und Juli 2022 in Santa Fe in New Mexico, USA an SAGE teilnehmen.

In der ersten Woche stand neben dem Kennenlernen zunächst eine Einführung in die angewandte Geophysik auf dem Programm. Die Grundlagen sämtlicher, während der Summerschool durchgeführten Methoden wurden erläutert und vorgestellt. Ebenso eingeführt wurde in die Grundlagen der Geologie New Mexicos, was durch eine eintägige Exkursion in die Umgebung Santa Fes ergänzt wurde. Nach diesen ersten Tagen wechselten wir dann von unserer bisherigen Unterkunft auf einen Zeltplatz. Für die nächsten Tage stand nun Feldarbeit auf dem Programm. Nach einer eintägigen Praxisvorstellung sämtlicher Messgeräte wurden die Teilnehmenden in kleine Gruppen aufgeteilt, die im Rotationsprinzip jeden Tag eine andere Messmethode in der Praxis anwenden konnten. Dazu zählten aktive Seismik mit einem Vorschlaghammer als Anregungsquelle, passive seismologische Verfahren mit verschiedenen Seismometern, elektrische Tiefenwiderstandstomografie (ERT), Ground Penetration Radar (GPR), Geomagnetik, Gravimetrie, Magnetotellurik (MT) sowie Transienten-Elektromagnetik (TEM). Alle Messungen wurden von erfahrenen Geophysikerinnen und Geophysikern angeleitet und der Umgang untereinander war trotz der heißen Temperaturen und der teilweise recht anstrengenden Arbeit stets locker und entspannt.

Die Messungen wurden in zwei Umgebungen durchgeführt. Zum einen im Bereich einer archäologischen Stätte. Hierbei handelte es sich um eine verlassene Siedlung der Pueblo-Kultur. Diese Siedlungen sind in New Mexico recht häufig anzutreffen und Hinterlassenschaften der indigenen Völker Nord-

amerikas. Ziel der Messungen war es, ein verbessertes Verständnis über den Aufbau der Siedlung zu erlangen, von welcher nur noch schwer erkennbare Reste vorhanden sind. Darüber hinaus standen geologische und hydrologische Fragestellungen im Vordergrund. Zum anderen wurden Messungen im Valles Caldera National Preserve westlich von Santa Fe durchgeführt.

Dabei handelt es sich um eine Caldera mit einem Durchmesser von über 20 km und spektakulärer Landschaft. Im Vordergrund standen hier vor allem geologische und vulkanologische Fragestellungen. Eine Herausforderung bei den Messungen in der Caldera war vor allem das Wetter mit vielen Gewittern, Regen und Wind, weswegen die Messungen häufig unterbrochen werden mussten. Die wunderschöne Landschaft entschädigte jedoch für diese Anstrengungen.

Nach den Messungen ging es vom Zeltplatz wieder zurück in ein Hotel in Santa Fe. Nun standen die Prozessierung, Auswertung und Interpretation der gemessenen Daten an. Die Teilnehmenden wurden wieder in Arbeitsgruppen eingeteilt, in welchen sich mit unterschiedlichen Fragestellungen entweder zur archäologischen Stätte oder zur Caldera beschäftigt wurde. Jedes Gruppenmitglied hatte dabei eine andere Messmethode auszuwerten. Ganz am Ende erfolgte eine gemeinsame Präsentation der einzelnen Gruppen, in welcher die Ergebnisse integrativ vorgestellt wurden. Neben den Messungen und Auswertungen standen einige interessante Vorträge von einzelnen Betreuern und Sponsoren auf dem Programm. So gab es Einblicke in die Arbeitswelt vom United States Geological



SAGE-Teilnehmende während einer der Exkursionen

mer einen Ansprechpartner.

Natürlich kamen neben allen fachlichen Aktivitäten die Freizeit und der Austausch der Teilnehmenden nicht zu kurz. Nach den anstrengenden Tagen im Feld und in den Klassenräumen wurde so der ein oder andere Pub oder eine Karaokebar aufgesucht. Ein Filmabend oder gemütliches Zusammensitzen auf dem Campingplatz waren ebenfalls beliebte Beschäftigungen. An den zwei eingeplanten freien Tagen wurden spontan und eigenverantwortlich Aktivitäten organisiert. Die Wanderung in den Bergen bei Santa Fe und ein Ausflug zum prähistorischen Bandelier National Monument waren für mich sehr schöne Erlebnisse.

Ein klares Ziel meinerseits war auch die Knüpfung neuer Kontakte zu internationalen Geophysikstudierenden. In diesem Jahr nahmen bei SAGE 18 Studierende teil. Davon kamen die meisten von unterschiedlichen Universitäten aus den USA. Aber auch andere Länder, wie Mexiko, Kolumbien, Venezuela, Nigeria, Indien und Neuseeland waren vertreten.

Die Teilnahme an SAGE war eine große Bereicherung für mich. Neben neuen Einblicken in einige geophysikalische Methoden, die im Studium nicht unbedingt in der Praxis gezeigt werden konnten, sind auch neue Freundschaften entstanden. Neben Verbesserung von sprachlichen Fähigkeiten bietet ein derartiger Auslandsaufenthalt auch einzigartige Einblicke in die Kultur und die Lebensweise anderer Länder, die als normaler Urlaubstourist nicht unbedingt gemacht werden können. Ich kann jedem Studierenden egal welcher Fachrichtung nur empfehlen eine solche Erfahrung zu machen. Ich bin mir sicher von SAGE nachhaltig zu profitieren und ich werde dieses unvergessliche Erlebnis gerne weiterempfehlen.



SAGE-Teilnehmende im Valles Caldera National Preserve

# Exkursion zur Evonik Industries AG und Achema

Sofie Heinrich, Alina Albrecht, Andreas Bräuer

Dank der finanziellen Unterstützung durch den VFF konnte vom 22. bis 24. August 2022 eine 3-Tages-Exkursion zur Achema-Messe nach Frankfurt und zur Evonik Industries AG nach Hanau unternommen werden. An der Exkursion beteiligten sich 20 Studierende aus den Studiengängen Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Umweltengineering und Engineering. Sie wurden von 4 Betreuer:innen des Instituts für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik (ITUN) der Fakultät 4 der TU Bergakademie Freiberg begleitet.

Los gings am Montag den 22.08. in der Früh um 6:00 Uhr mit dem Bus nach Frankfurt zur Achema. Dort angekommen wurden die Studierenden in drei Gruppen zum Kennenlernen der gigantisch großen Messe eingeteilt. Bei zuvor ausgewählten Firmen gab es für unsere Gruppen mehrere sehr interessante Standführungen und Erklärungen. Abends gings mit dem Bus zur Jugendherberge nach Oberreifenberg unterhalb des Feldbergs.

Am nächsten Morgen stand der Firmenbesuch bei der Evonik Industries AG in Hanau an. Nach einer herzlichen Begrüßung seitens der Evonik-Mitarbeiter/innen (leider ohne „Glück auf!“) wurde uns zunächst das Unternehmen in seinem Aufbau und seiner Funktionsweise vorgestellt. Der abwechslungsreiche Mix aus Vorträgen über die „Abteilungen“ und Führungen



durch die Wirkstoffproduktion, das Technikum und ein verfahrenstechnisches Labor sorgte für einen sehr kurzweiligen Exkursionstag. Außerdem gab es einen guten Einblick in unsere Zukunft: die Arbeit als Ingenieur/in in einem großen Unternehmen und welche Vielfältigkeit dieser Beruf mit sich bringt. Für Begeisterung sorgte der allgemeine Einblick in das Zusammenspiel der einzelnen ingenieurtechnischen Fachdisziplinen, wie thermische, chemische und mechanische Verfahrenstechnik, Mess- und Regelungstechnik, sowie Simulation, die uns bisher (nach einer langen Covid-Durststrecke) nur in der Theorie bekannt waren. Ein gemeinsamer Grillabend am Grillplatz der Jugendherberge rundete den lehrreichen Tag ab.

Den letzten Exkursionstag verbrachten die Teilnehmer:innen wieder auf der Achema-Messe, diesmal aber ohne Füh-

rungen. Die größte verfahrenstechnische Messe der Welt hatte allerhand zu bieten. Neben großen auch in Deutschland bekannten Konzernen stellten viele den Teilnehmer:innen bislang unbekannte Firmen aus. Es waren alle Themenbereiche anzutreffen, die das Ingenieurs- und Verfahrenstechnikerherz haben höherschlagen lassen. Manche Studierende traten schweren Herzens die Rückfahrt nach Freiberg an, weil sie am liebsten noch den ganzen Rest der Woche auf der Achema-Messe verbracht hätten. Doch am frühen Mittwochnachmittag gings dann wieder mit dem Bus zurück nach Freiberg.

Die Exkursionsteilnehmer:innen bedanken sich herzlich bei allen Unterstützern der Exkursion, nämlich dem VFF, der Fakultät 4 der TUBAF und der Dechema und bei den Exkursionsorganisatoren, Dipl.-Ing. Miriam Willger und Max Conrad, M.Sc..

## SDIMI 2022

### Internationaler Austausch zu nachhaltigem Bergbau in Namibia

Louis Schaarschmidt

Nachhaltigkeit ist ein Thema, das in den letzten Jahrzehnten in den Fokus der Nationen weltweit gerückt ist. Insbesondere im Bergbau sind die Anstrengungen und Auflagen im Laufe der Zeit stark gewachsen. Im Interesse eines möglichst geringen Fußabdrucks der Aufschluss- und Abbauaktivitäten, werden in den Bergaugebieten aufwändige Rekultivierungsmaßnahmen

getroffen; insbesondere Deutschland ist ein Vorreiter weltweit, was diese Bemühungen angeht. Doch nicht nur in Deutschland und besonders bezogen auf die bedrohte Natur hat das Bewusstsein für den Umwelteinfluss des Rohstoffsektors zugenommen, sondern auch – auf sozialer wie auf unternehmerischer Ebene – international. Zahlreiche Forscher weltweit beschäftigen

sich mit Fragen rund um diese Aspekte. Um den Ergebnissen dieser weltweiten Forschungsbemühungen eine Bühne zu bieten, wurde 2003 die sogenannte SDIMI-Konferenz ins Leben gerufen. SDIMI steht abgekürzt für „Sustainable Deve-

#### Kontakt

Louis Schaarschmidt  
Fuchsmühlenweg 9  
09599 Freiberg



Impressionen aus Windhoek

lopment in the Mining Industry" und findet in einem zweijährigen Turnus an verschiedenen Orten weltweit statt. Die erste SDIMI fand 2003 auf der Insel Milos in Griechenland statt und wurde bis dato insgesamt 10-mal weltweit ausgetragen. Ziel der Konferenz ist es, durch internationale Ideenaustausch von Wissenschaftlern einen Beitrag zu einer nachhaltigen Zukunft durch Forschung, technischen Fortschritt, Bildung sowie Wissen im und über den Bereich des Rohstoffsektors zu schaffen. Dieses Jahr fand die SDIMI in Windhoek, der Hauptstadt von Namibia statt.



Louis Scharschmidt bei der Präsentation

Neben anderen deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen war auch die TU Bergakademie Freiberg dort vertreten. Mehrere Wissenschaftler der Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage reisten nach Afrika, um ihre Forschungsergebnisse einem internationalen Publikum vorzustellen und zu diskutieren. Neben Beiträgen der Professur zum Thema Digitalisierung im Bergbau sowie Fragen der unternehmerischen Sozialverantwortung wurde von Louis Scharschmidt eine Präsentation zu den Forschungen über das Problem der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle vorgestellt. Seit 2013 wurde an der Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage

eine durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanzierte Forschungsreihe durchgeführt. Im ersten der bis dato insgesamt drei Projekte wurde ein matrix-stabilisierter Salzgrusversatz entwickelt und erfolgreich patentiert (Projekt „GESAV I“). Anschließend wurde von 2017 bis 2021 das praktische Handling sowie die Einbringung dieses Versatzes durch untertägige Großversuche im Bergwerk der GSES GmbH in Sondershausen untersucht (Projekt „GESAV II“). Im aktuellen Projekt „SAVER“ wird durch In-Situ und Laborversuche der matrix-stabilisierte Salzgrus mit herkömmlichen Salzgrus verglichen. Zusätzlich wird im Interesse einer weitergehenden Realitätsnähe in jede Versuchsstrecke ein eigens für das Projekt entwickelter Atommüll-Behälterdummy zusammen mit dem Material eingeschlossen.

Insbesondere durch die praktischen untertägigen Versuche erzielte das Projekt hohe Aufmerksamkeit bei dem internationalen Publikum der SDIMI 2022. Da in Namibia einige der größten Urantagebaue der Welt situiert sind und entsprechende Vertreter vor Ort waren, gab es einen sehr interessanten Austausch hinsichtlich Lagerungsmöglichkeiten, Erkenntnissen und weiteren fachlichen Fragen. Doch nicht nur aus Namibia kamen interessante Inputs und Nachfragen, sondern auch aus anderen auf der SDIMI vertretenen Ländern. Man hat gemerkt, dass die Erkenntnisse und Innovationen der seit Jahrzehnten laufenden deutschen Endlagerforschung unter den anwesenden Forschern und Firmenvertretern sehr gefragt waren.

Da die Zeit für eine Diskussion im Anschluss an die Präsentationen auf wenige Minuten begrenzt war, wurden zahlreiche Fragen auf den anschließenden Abendveranstaltungen vertiefend debattiert. Dadurch ergaben sich interessante Networking-Möglichkeiten für eventuelle, zukünftige Projekte. Viele Anwesende waren beeindruckt von den Forschungserfolgen der TU Bergakademie Freiberg und dem hier erreichten hohen Grad an Know-How in solchen Spezialbereichen.

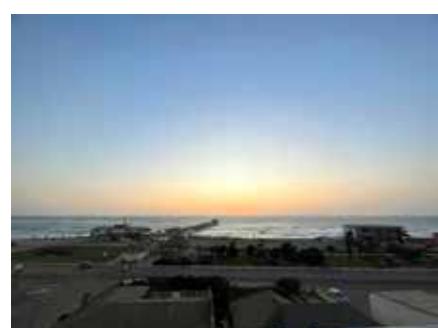
Nach Ende der SDIMI 2022 blieben noch einige Tage, um die Schönheit von Namibia auf eigene Faust zu erkunden. Auf Grund der geringen Anzahl an asphaltierten Straßen ist die Nutzung eines Geländewagens fast unabdingbar. Mit einem solchen wurden dann inner-

halb von drei Tagen knapp 1.000 km zurückgelegt. Die langen Routen über sogenannte Pats (Sandstraßen) führten an atemberaubenden Sehenswürdigkeiten vorbei, wie z. B. dem Erongo-Gebirge sowie der Spitzkoppe. Routenziele war die am Atlantik gelegene Stadt Swakopmund, der man den Einfluss der deutschen Koloniezeit noch sehr stark anmerkt. Es gibt dort eine große deutsche Community, viele deutsche Läden und Restaurants sowie zahlreiche deutsche Straßennamen. Man traf einige Besucher der SDIMI wieder und konnte bei einem Abendessen im „Altstadt-Restaurant“ die eindrucksvollen Tage Revue passieren lassen. Nach der Rückreise in die Hauptstadt Windhoek wurde die Heimreise angetreten.



Über Schotterstraßen auf dem Weg nach Swakopmund

Die Teilnahme an der SDIMI erwies sich als voller Erfolg und bot interessante Möglichkeiten für den wissenschaftlichen Austausch. Insbesondere die Teilnahme zahlreicher afrikanischer Länder war hervorragend. Da in Namibia in erheblichem Umfang Uran gefördert wird, wurden die Beiträge der TU Freiberg mit besonders großem Interesse wahrgenommen. Die nächste SDIMI findet 2024 in Turin statt und ist für Beiträge zu einschlägigen Themen und Fachrichtungen offen, die durch ihre Erkenntnisse und Forschungen einen Beitrag zur Nachhaltigkeit in der Rohstoffindustrie leisten können.



Blick auf den Sonnenuntergang und die Seebrücke von Swakopmund

# Vorstellung der Ergebnisse meiner Masterarbeit auf dem 25th International Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth and Planetary Bodies (EMIW) in Çeşme, Türkei

Pascal Semper

Kurz vor Abschluss meiner Masterarbeit im Juni 2022 erfuhr ich durch Prof. Klaus Spitzer von der Möglichkeit, meine Ergebnisse vor einem internationalen Fachpublikum in Form eines Posters vorzustellen. Die Idee, mit internationalen Wissenschaftlern über meine Resultate zu diskutieren, neue fachliche Kontakte knüpfen und einen tieferen Einblick in die aktuellen, viel diskutierten Fragestellungen bekommen zu können, hat mich sofort begeistert. Mithilfe der Unterstützung durch das Institut für Geophysik und Geoinformatik sowie seitens des „Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.“ konnte ich schließlich im September 2022 zum 25<sup>th</sup> International Workshop on Electromagnetic Induction (EMIW) nach Çeşme in die Türkei reisen. Dieser Workshop ist die wichtigste Veranstaltungsreihe der Geoelektriker auf internationaler Ebene. Er wird seit 1972 regelmäßig alle zwei Jahre an verschiedenen Orten der Welt im Rahmen der International Association of Geomagnetism and Aeronomie (IAGA) ausgerichtet.

Zunächst ein paar Worte zu meiner Masterarbeit im Bereich der Geophysik, die im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Institut für Geophysik und Geoinformatik der TU Bergakademie Freiberg und GNS Science (New Zealand) entstanden ist. Ursprünglich wollte ich im Zuge meiner Masterarbeit nach Neuseeland reisen, um an Magnetotellurikmessungen teilnehmen, die Rohdaten selbst prozessieren sowie meine

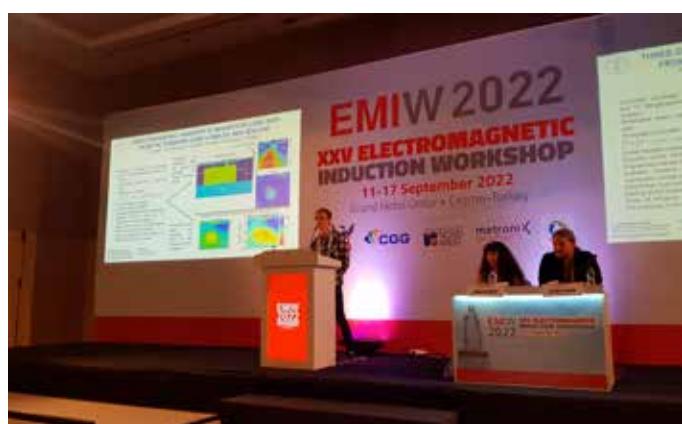
Betreuer in Neuseeland persönlich kennenlernen zu können. Aufgrund der restriktiven Einreiseregeln Neuseelands infolge der Corona-Pandemie ist dies allerdings nicht möglich gewesen. Deshalb habe ich von GNS Science freundlicherweise die bereits vorprozessierten Magnetotellurikdaten zur Verfügung gestellt bekommen und mithilfe der im Rahmen des GEOSax Projekts (2017-2021) neu entwickelten FE-Toolbox invertiert. Um zunächst ein Gefühl für die entsprechenden Routinen zu bekommen und auch deren Funktionalität zu testen, habe ich einige vereinfachte Modelle auf Basis des bereits vorhandenen Wissens über das Messgebiet am Tarawera Dome Complex und dessen Umgebung erstellt. Anschließend invertierte ich die echten Magnetotellurikdaten und verglich die Ergebnisse mit denen von GNS Science. Beide Modelle stimmen von ihrer generellen Struktur her sehr gut überein. Durch die Berücksichtigung der Topographie ist der oberflächennahe Bereich in meinem Modell wahrscheinlich sogar etwas realistischer rekonstruiert.

Am 11. September ging es dann schließlich zum EMIW in die Türkei. Der Workshop startete am Nachmittag mit einem „Ice-Breaker“ im Konferenzhotel und entspannten Kennenlerngesprächen, bevor die Konferenz am nächsten Tag dann richtig be-

gann. Dabei gab es jeden Tag verschiedene Sessions mit Review-Vorträgen, kurzen Darlegungen zu aktuellen Forschungsprojekten sowie Poster-Sessions und einer Diskussion über aktuell noch ungelöste Fragestellungen zum Abschluss eines jeden Konferenztags. Das Spektrum der Beiträge reichte dabei von der Theorie der elektromagnetischen Induktionsverfahren in der Geophysik, verschiedenen Inversionsansätzen über die Anwendung der Verfahren in der Archäologie oder in vulkanischen und erdbebengefährdeten Gebieten, bei der Rohstoffexploration, in marinen Umgebungen – über das Thema der Anisotropie bis hin zum Weltraumwetter. Am 13.9. war es dann so weit, dass ich mein Poster über meine Masterarbeit während der am Nachmittag stattfindenden Poster-Session vorstellen und dazu einige interessante Diskussionen führen durfte. Dabei bekam ich auch einige Tipps, wie ich meine Ergebnisse in zukünftigen Projekten weiter verbessern könnte. Dank der großen Bandbreite an verschiedenen Beiträgen und Diskussionen konnte ich in der kurzen Zeit viel Neues lernen und mein während des Studiums erworbenes Wissen vertiefen.

## Kontakt

Pascal Semper  
Burgstraße 16, 09599 Freiberg  
semp.pasc@gmail.com



Des Weiteren blieb trotz des straffen Zeitplans immer auch genügend Zeit für angeregte Gespräche und das Knüpfen neuer Kontakte - etwa während der Pausen, abends am Strand oder beim Tischtennisspielen. Am Mittwoch gab es außerdem eine Exkursion nach Efes, durch die ich mehr über das antike Ephesos mit dem leider zerstörten Artemistempel - eines der sieben Weltwunder der Antike - wie auch über die traditionelle Fertigung türkischer Teppiche lernen konnte.

Ein weiteres Ziel meinerseits war es, die Betreuer meiner Masterarbeit aus Neuseeland auch einmal persönlich kennenzulernen. Außerdem bot sich auf dem Workshop die Möglichkeit, mit ihnen über die potentielle Fortführung der Kooperation im Rahmen einer Promotion, über mögliche The-

men und die Gestaltung eines Aufenthalts in Neuseeland zu diskutieren.

Am 17.9. ging der spannende Workshop dann bereits schon zu Ende - wieder mit einem Galadinner und türkischer Livemusik.

Rückblickend ist der Workshop eine große Bereicherung für mich gewesen. Ich habe unglaublich viel Neues über die Theorie und die Anwendung elektromagnetischer Induktionsverfahren gelernt und zahlreiche Ideen für die angedachte Fortführung der Kooperation mit GNS Science im Rahmen einer Promotion sammeln können. Zudem konnte ich zahlreiche neue wissenschaftliche Kontakte knüpfen



und angeregte Gespräche führen sowie einen kleinen Einblick in die türkische Kultur bekommen.

Hiermit möchte ich mich noch einmal bei allen bedanken, die mir die Teilnahme am Workshop ermöglicht haben.

## Günter Heinisch-Stiftung übergibt wertvolle Mineralstufe

Andreas Massanek



Foto: Hartmut Meyer, Lollar

Pyrargyrit, Schacht 366, 675m-Sohle, Gang Brahmaputra, Aue-Alberoda, Erzgebirge, Sachsen. 8 x 6 cm.

In diesem Jahr empfingen die Geowissenschaftlichen Sammlungen erneut eine Dauerleihgabe der Günter Heinisch-Stiftung. Es handelte sich um eine Pyrargyritstufe von der Lagerstätte Niederschlema-Alberoda im sächsischen Erzgebirge. Sie wurde im Bereich des Schachtes 366 auf der 675m-Sohle aus dem Gang Brahmaputra in den 1960er Jahren geborgen. Sie stammt ursprünglich aus der Sammlung des ehemaligen verantwortlichen Leiters für die Mineralanalytik am Forschungsinsti-

tut für Aufbereitung in Freiberg, Dr. Gerhard Sansoni.

Pyrargyrit, von Abraham Gottlob Werner 1789 auch Dunkles Rotgültigerz genannt, ist ein wichtiges Silbererzmineral. Es ist ein Silber-Antimon-Sulfid, das im trigonalen Kristallsystem kristallisiert. Die kirschrote Farbe ist oft nur bei starkem Gegenlicht oder in Form von Innenreflexen bei der Mikroskopie zu sehen. Die Kristalle dunkeln im Licht im Laufe der Zeit nach, so dass sie meist schwarz erscheinen.

Die Strichfarbe bleibt aber dunkelrot. Die Kristallflächen haben oft einen diamantartigen Glanz. Die Härte ist niedrig und liegt zwischen 2 und 3 auf der zehnstufigen Skala von Friedrich Mohs. Die Dichte liegt knapp unter  $6 \text{ g/cm}^3$  und der Silbergehalt bei fast 60 %. Die am besten ausgebildeten Pyrargyritkristalle stammen aus hydrothermalen Ganglagerstätten. Die bekanntesten Vorkommen sind neben den erzgebirgischen Fundorten Niederschlema, Ehrenfriedersdorf und Großschirma die Lagerstätten St. Andreasberg im Harz, Příbram in Tschechien, Fresnillo in Mexiko und San Genaro in Peru.

Die Günter Heinisch-Stiftung des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg wurde 2015 gegründet, um die Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie zu unterstützen.

### Literatur

Massanek, A., Mergner, W. & Kretzschmar, H.-J. (2014): Günter Heinisch - leidenschaftlicher Mineraliensammler und edler Spender für die TU Bergakademie. - In: Acamonta, **21**(2014), 180-181

Massanek A (2015): Konstituierung der "Heinisch-Stiftung". - In: Acamonta, **22**(2015), 135  
Gerl, K. & Massanek, A. (2019): Die Günter Heinisch-Stiftung. - In: Lapis, **44**(2019)9

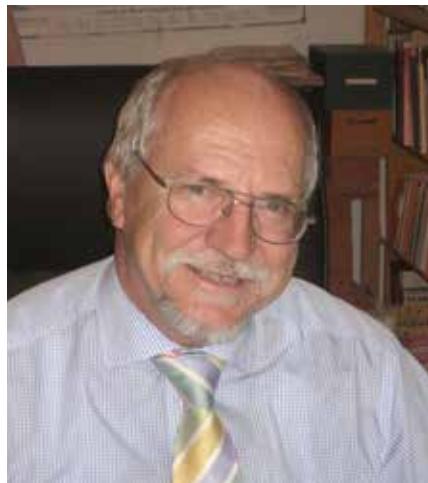
# Der Schatzmeister des VFF, Prof. Dr. Horst Brezinski, ist 75 Jahre alt geworden - Ein Interview zur Ukraine

Hans-Jürgen Kretzschmar, Andreas Horsch, Thomas Schumann

Der Vorstand des Fördervereins VFF der TU Bergakademie Freiberg gratuliert seinem Mitglied und Schatzmeister, Herrn Prof. Dr. Horst Brezinski, herzlich zu seinem 75. Geburtstag und verbindet damit die besten Wünsche für feste Gesundheit und volle Lebensfreude in seinem vierten Vierteljahrhundert. Herr Prof. Brezinski ist seit dem Jahr 1993 Mitglied im Verein und seit 2000 dessen Schatzmeister. Er selbst ist ein „Schatz“ für den VFF, indem er sehr erfolg- bzw. ertragreich die Finanzen des Vereins gestaltet und hütet. Ihm ist es im Verbund mit der Sparkasse Mittelsachsen zu danken, dass der VFF über ein gutes finanzielles Fundament verfügt. Die gleiche finanzwirtschaftliche Expertise bringt Herr Prof. Brezinski als Vorsitzender des Vorstands der „Günter Heinisch-Stiftung für die geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg“ ein, deren Führung und Kapitalsteigerung besonders in Zeiten der europäischen Minuszinspolitik sehr herausfordernd war. Diese Stiftung erfährt durch ihren Vorstand eine prosperierende Entwicklung. Neben der finanzwirtschaftlichen Kompetenz ist es insbesondere das angenehme und verständnisvolle Wesen des Jubilars, das Vorstand und Geschäftsführung an ihm sehr schätzen. Vielseitige Ideen und weiterführende Lösungswege bringt er in die Führung des Vereins belebend ein. Die gemeinsame Arbeit mit ihm ist sehr angenehm.

Der VFF-Vorstand sowie das Kuratorium der Heinisch-Stiftung danken Prof. Brezinski herzlich für sein bemerkenswertes Wirken und freuen sich auf die weitere Zusammenarbeit. In diesem Sinne grüßen sie ihn mit Glück auf.

Dem Dank und den guten Wünschen des Fördervereins schließt sich die Fakultät für Wirtschaftswissenschaft nur zu gerne an. Hier übernahm Horst Brezinski 1992 den Lehrstuhl für Internationale Wirtschaftsbeziehungen einschließlich der Verantwortung für die mikroökonomischen und wirtschaftspolitischen Lehrveranstaltungen - und bereits 1994 auch das Amt des Dekans. Dem folgten zwei Amtszeiten im Rektorat, deren zweite (Projektor für Außenbeziehungen ab 2003) sowie seine Lehrstuhlbezeichnung für das steht,



was Horst Brezinski stets am Herzen lag und was er intensiv sowie mit einer Wirkung verfolgte, die bis heute zu sehen ist: Kooperationen der Universität und insbesondere der Fakultät mit internationalen Partnern. Hiervon zeugen bis heute laufende Doppelabschlussprogramme und insbesondere der von ihm konzeptionierte international angelegte MBA-Studiengang. Um zu dem charakteristischen fröhlichen Gesichtsausdruck beizutragen, der sein Wesen - und bis heute das Bild auf seiner Website - kennzeichnet: Obschon Volkswirt, leistete Horst Brezinski auch wichtige Beiträge zu betriebswirtschaftlichen Fragestellungen, etwa zu optimalen Büroorganisations- und Ablageverfahren. Die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften dankt Horst Brezinski daher auch an dieser Stelle herzlich und wünscht alles Gute für alle - erfahrungsgemäß nicht wenigen - laufenden Projekte und Vorhaben, insbesondere aber in gesundheitlicher Hinsicht.

Prof. Brezinski ist noch eng in der Weltbetrachtung „zu Hause“, wie nachfolgendes, im Oktober 2022 geführtes Gespräch mit Herrn Dr. Schumann, Institut für Elektrotechnik, zeigt:

## Der Ukrainekonflikt aus dem Blickwinkel des Herbstes 2022

Dr. Thomas Schuman im Gespräch mit Prof. Dr. Horst Brezinski - ehemaliger Leiter des Lehrstuhls für Internationale Wirtschaftsbeziehungen an der TU Bergakademie Freiberg, der sich seit mehr als 50 Jahren in Lehre und Forschung mit den Volkswirtschaften in Osteuropa beschäftigt hat.

**Frage:** Können Sie kurz die Ausgangssituation vor dem Beginn des Krieges am 24. Februar 2022 skizzieren?

Beide Länder starteten nach Auflösung der Sowjetunion von einem ähnlichen Niveau. Die Ukraine und Russland entwickelten sich aber immer weiter auseinander. Während Russland schon 2007 das wirtschaftliche Niveau, gemessen am Bruttoinlandsprodukt von 1989, erreichte, erlangte die Ukraine nur etwas mehr als 60 % des Niveaus von 1989. Die aktuellen Zahlen für 2021 belegen den Unterschied zwischen beiden Staaten eindrücklich. Russland wies in laufenden Preisen einen Wert des BIP von 12.173 US\$ pro Kopf der Bevölkerung aus, die Ukraine kam nur auf 4.835 US\$ pro Kopf. Die Einkommensverteilung hatte sich jedoch in Russland wesentlich ungleicher entwickelt als in der Ukraine. Das übliche Maß für die Messung der Einkommensungleichheit - der Gini-Koeffizient - betrug 2020 in Russland 0,36 und in der Ukraine 0,26 % (zum Vergleich lag 1989 der Wert in der Sowjetunion bei 0,26, in der Ukraine bei 0,23). Je kleiner der Wert, umso geringer die Einkommensungleichheit. Dementsprechend ergeben sich gravierende Unterschiede hinsichtlich der Löhne, Renten und Versorgung der Bevölkerung zwischen beiden Ländern.

Spätestens nach den Maidan-Protesten im Jahr 2013 ist die Ukraine einen anderen Weg gegangen und hat sich immer weiter nach Westen orientiert. Reformen in Richtung marktwirtschaftlicher Institutionen und dem Aufbau demokratischer und rechtsstaatlicher Strukturen sind in Gang gesetzt worden. Dennoch gibt es immer noch viele Parallelen zwischen den beiden Ländern. So war aus den in beiden Staaten gescheiterten Privatisierungen eine Kasse von Oligarchen hervorgegangen und in puncto Korruption belegen beide Länder im internationalen Vergleich hintere Plätze. Die Ukraine wurde hierbei von Transparency International in der Liste von 180 Staaten im Jahre 2021 auf Rang 122 und Russland auf Rang 136 eingeordnet. Dennoch ist es der Ukraine gelungen, Liefer- und Leistungsbeziehungen zur Europäischen Union aufzubauen, die nicht auf dem Export von Rohstoffen und Agrarprodukten sondern z. B. auf Zulieferteilen für die Automobil- und

Bahnindustrie beruhen. Die Ukraine ist somit ein wichtiger Exporteur von landwirtschaftlichen Produkten und Erzeugnissen der Stahlindustrie geworden. Durch Wanderungsbewegungen von Arbeitskräften seit 2014, bedingt durch die sich veränderten Verhältnisse und angesichts einer Jugendarbeitslosigkeit von z. B. 21,6 % im Jahre 2017, vor allem in Richtung Polen (mehr als 1 Million Arbeitskräfte), sind auch viele soziale Verbindungen zu diesem Land entstanden. Zum Zeitpunkt des Kriegsbeginns wurde auch vielen Westeuropäern deutlich, dass hier ein Land angegriffen wird, das zu einem signifikanten Teil zum Kern von Europa gehört. Russland wiederum hat durch seine Ressourcenabhängigkeit und sein politisches System beträchtliche Probleme, seine Wirtschaft zu modernisieren. Das Entstehen von Innovation und privatem Unternehmertum außerhalb des militärischen Komplexes findet nur in geringem Maße statt. Durch die Gruppe der Oligarchen wurde seit den 1990er Jahren eine Kapitalflucht in einer Größenordnung von mindestens 10-20 Mrd. US\$ jährlich betrieben. Ein Umbau der Wirtschaft fand nicht statt.

**Frage:** Wie kann man die derzeitige ökonomische und politische Situation im Herbst 2022 charakterisieren – Welche Auswirkungen hat der Krieg in Russland und in der Ukraine?

Bis dato dauert der Krieg schon mehr als ein halbes Jahr an und dennoch ist es der Ukraine gelungen, sich trotz signifikanter Gebietsverluste als Staat zu behaupten. Wirtschaftlich wird das Land von außen mittels Zuweisungen und Krediten gestützt und hat auch insgesamt sehr viel materielle und immaterielle Unterstützung erhalten und international Sympathien gesammelt, obwohl niemand von dem Beitrag der ukrainischen Oligarchen in diesem Konflikt spricht. Es zeichnet sich mittlerweile jedoch ab, dass vier Regionen – große Teile von Luhansk, Donezk, Saporischschja und Cherson – von der russischen Armee fest besetzt sind und mit allen Mitteln gehalten werden sollen.

Auf russischer Seite sind die größten Auswirkungen auf der Versorgungsseite zu sehen. Durch die Sanktionen fehlt es z. B. der russischen Autoindustrie an Zulieferteilen wie z. B. ABS- und Airbagsystemen. Auch lassen sich z. B. Flugzeuge westlicher Bauart kaum noch instand setzen bzw. reparieren. Nur unter Inkaufnahme hoher Preisaufschläge im Wege des Bezugs über Drittstaaten lassen sich einzelne wichtige Importgüter noch beschaffen. Zuletzt begann im zeitlichen Zusammenhang mit

Referenden über den Beitritt der genannten vier besetzten Regionen zur Russischen Föderation eine Teilmobilisierung von Reservisten für die russische Armee. Deren unmittelbare Auswirkung war eine Ausreisewelle von vorwiegend jungen Russen, die sich einem möglichen Einzug in die Armee entziehen wollen. In Russland ist damit der Krieg nun auch unmittelbar in der Bevölkerung angekommen. Die militärischen Misserfolge werden nicht länger verschwiegen. Übereinstimmend gehen die Ökonomen davon aus, dass in diesem Jahr die Wirtschaftsleistung in Russland um bis zu 8 % und in der Ukraine um mehr als ein Drittel zurückgehen wird. Prognosen für das kommende Jahr sind angesichts der weiter voranschreitenden Kämpfe nicht aussagekräftig. Aber die Zukunft der russischen Wirtschaft dürfte langfristig von einem Rückgang bzw. bestenfalls von einer Stagnation geprägt sein, denn die technologische Entwicklung wird auf Grund der Sanktionen stark behindert. Der westliche Gas- und Erdölmarkt ist verloren gegangen. Frühestens in fünf Jahren werden die Transportstrukturen Russlands für eine verstärkte Gasbelieferung Asiens aufgebaut sein und im Bereich des Erdöl- und Gasmarkts hat Russland seine internationale Preissetzungsmacht verloren. Russland ist es auch nicht gelungen, die westlichen Technologieimporte zu ersetzen. Dies belegen die Außenhandelsstatistiken für die letzten vier Monate deutlich.

**Frage:** Welche Perspektiven ergeben sich für die Zukunft? Wie kann es nach dem Krieg für die Ukraine weitergehen?

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt – zu Beginn des Herbstes 2022 – lässt sich aufgrund der genannten letzten Entwicklungen kaum eine verlässliche Prognose über die Zukunft der Ukraine geben. Man muss dennoch mindestens kurz- bis mittelfristig annehmen, dass die vier besetzten Regionen noch unter russischer Kontrolle bleiben bzw. hart umkämpft bleiben. Eine mögliche künftige Politik für die Entwicklung des Landes wird sich daher bis auf Weiteres allein auf den verbliebenen Teil der Ukraine konzentrieren können. Hier kann allerdings gemutmaßt werden, dass sich die Perspektiven für diesen Teil des Landes nach dem Krieg besser als vor dem Krieg darstellen. Dies liegt vor allem daran, dass im Zuge der europäischen Unterstützungsmaßnahmen dem Land nun eine eindeutige Option auf eine EU-Mitgliedschaft gegeben ist. Zudem ist die Ukraine insgesamt weltweit in die öffentliche Wahrnehmung gerückt, wo z. B. international deutlich wur-

de, dass das Land eine immense Bedeutung für die Ernährungssicherheit vieler Länder hat. Aber auch andere Besonderheiten wurden offensichtlich. So stellte sich im Zuge der Aufnahme ukrainischer Flüchtlinge in Deutschland heraus, wie viel weiter das Land in Fragen der Digitalisierung war bzw. ist. Das betrifft Verwaltungsvorgänge aber auch zum Beispiel das sog. Homeschooling, an dem bisweilen sogar noch von Deutschland aus teilgenommen wird.

Dies alles zusammengenommen kann hoffen lassen, dass die Ukraine eine Chance hat, mittels einer auf Unternehmertum, Modernisierung und Innovation ausgerichteten Wirtschaftspolitik zu einem wirtschaftlich bedeutenden Land in Europa zu werden. Mit fortschreitendem Aufbau von demokratischen, rechtsstaatlichen und marktwirtschaftlichen Institutionen wird man eine Chance haben, zumindest langfristig auch in Bezug auf das Pro-Kopf-Einkommen und die Lebensqualität insgesamt mit der Russischen Föderation gleichzuziehen bzw. diese überflügeln zu können. Dazu müsste aber auch die Einkommens- und Vermögenselite des Landes ihren Beitrag leisten. Gleichzeitig bleibt es aber wichtig, Russland zu einem Modus Vivendi zu bewegen, der zu einem Ende des wieder-auflebenden Kalten Kriegs führt. Eine langfristig stabile Lösung des gegenwärtigen Kriegs ist nur mit einer wirklichen Einbeziehung Russlands in eine zukünftige Friedensordnung möglich. Nur eine Ukraine, die ohne Wenn und Aber die Aufnahmekriterien für einen Beitritt in die Europäische Union erfüllt, könnte dadurch noch viel mehr für Russland zu einem Modell für das eigene Land werden. Die militärischen Aktionen Putins zeigen, dass er die Hoffnung auf eine wirtschaftliche Erneuerung seines Landes aufgegeben hat und mit militärischen Mitteln außenwirtschaftliche Erfolge zusammenzutragen versucht, um am Ende seines Lebens Meriten für die Geschichtsbücher zu sammeln. Die von ihm tolerierte bzw. geförderte Schatzbildung von Gefolgsleuten erinnert an das Vorgehen mittelalterlicher Herrscher, die mit Raubzügen ihre konsumorientierten Staatsausgaben und ihre Gefolgsleute finanzierten. Mit dieser Strategie ist der weitere Abstieg Russlands als Weltmacht vorprogrammiert. Die russische Bevölkerung hat zugleich eine eher düstere Zukunft zu erwarten. Eine Orientierung am chinesischen Entwicklungsmodell der Periode von 1978 bis 2018 wäre für Russland und seine Bevölkerung wesentlich hilfreicher gewesen.



# Historie

# Wilhelm August Lampadius zum 250. Geburtstag

Norman Pohl



Toreinfahrt zum ehemaligen Rittergut in Kleinwaltersdorf, Zustand 24. August 2022

Es ist für uns heute eine Selbstverständlichkeit, vor gefüllten Regalen zu stehen, die nahezu jedes gewünschte Produkt in hoher<sup>1</sup> Qualität darbieten, allzeit verfügbar, richtig gelagert, weder zu warm noch zu kalt, zu feucht oder zu trocken, und unbeeinflusst von den in der Nachbarschaft gelagerten Materialien.<sup>2</sup> Die Rede ist nicht vom Einzelhandel oder der Lebensmittelabteilung im französischen Hypermarché, sondern vom Chemielabor einer Universität, mit allem, was dazu gehört. Das Gas kommt aus der Leitung, Strom aus der Steckdose und destilliertes Wasser – wenn manchmal, wie während der Studienzeit des Autors, von zweifelhafter, aber für die na, „β“ chemische Analyse im Grundlagen-Praktikum der anorganischen Chemie noch genügender Qualität – aus dem Wasserhahn

der zentralen „Zapfstelle“. Es gehört zu den studentischen Legenden, einer der Praktikumsassistenten habe einmal zehn Liter des destillierten Wassers als Abschlussanalyse ausgegeben, um nach einer Vielzahl unzutreffender studentischer Ergebnisse bei Analysen jedweder Art im laufenden Praktikum den tatsächlichen Gehalt an Anionen und Kationen feststellen zu lassen und auf diese Weise die zentrale Versorgung als Fehlerquelle zu erkennen oder auszuschließen.

Als Wilhelm August Lampadius, geboren am 08. August 1772 in Hehlen an der Weser, nach einer Ausbildung als Apothekerlehrling in Göttingen und im Anschluss an seine Zeit als Berater des Grafen von Sternburg in naturwissenschaftlichen und technischen Fragen, gefolgt von einem Studium in Göttingen, den alternden Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795) an der Bergakademie Freiberg ab 1794 in der Lehre der Chemie zunächst unterstützte und dann, ein Jahr nach Gellerts Tod, in dessen Position einrückte, fand er nichts von allem vor: weder Laboratorium noch chemischen Apparat, und auch keinen Lehrplan. Auch die ihm als Chemiker am Oberhüttenamt zur Verfügung gestellte Ausstattung vermochte diese schmerzlich fühlbaren Unzulänglichkeiten in den Arbeitsmöglichkeiten

nicht zu kompensieren. Und dass ein Lehrplan fehlte, war eigentlich nicht weiter verwunderlich, war „die“ Chemie doch gerade dabei, sich aus „der“ Physik zu lösen, während diese wiederum sich aus der bisherigen Artistenfakultät wie auch aus der Medizin heraus emanzipierte.<sup>3</sup>

Als Oberhüttenamtsassessor und später, ab dem Todesjahr Werners (1817), als Bergkommissionsrat, übte er die Oberaufsicht über das Amalgamierwerk in Halsbrücke aus. Dort richtete er 1816 eine bis 1895 betriebene Gasbeleuchtung ein, einschließlich der notwendigen Anlagen zur Eigenherstellung des benötigten Gases. Viel ist in Halsbrücke nicht mehr übrig, ebenso wenig in Kleinwaltersdorf, „etwa eine ¾-Stunde von Freiberg entfernt“, wo Lampadius auf dem dortigen Rittergut seine Versuche zur Rübenzucker gewinnung durchführte. Die Stellen seiner agrochemischen Versuche an der Wallstraße und am Donatsturm können noch in Augenschein genommen werden – leider sind diese nicht durch eine Erinnerungstafel markiert. Lampadius experimentierte auf diesem Feld ungefähr ein halbes Jahrhundert vor Julius Adolph Stöckhardts „chemischen Feldpredigten“ an der Tharandter Forstakademie oder Justus Liebigs Düngerversuchen, die sogar Eingang in den hessischen Sagenschatz fanden – Liebig testete angeblich Gips, mit dem er auf einer Wiese die Worte „Hier ist gegipst“ ausstreute, die sich dann der Erzählung nach durch ein tatsächlich verbessertes Graswachstum deutlich abgezeichnet haben sollen.

Nach Vollendung des neuen Laboratoriums, „eine(r) Art von Mittelpunkt chemischer Kentniße in Sachsen“, erhielt Lampadius vielfältige Aufgaben zur Bearbeitung durch die Sächsische Landesregierung, unter anderem auch die Analyse von sächsischen Mineralquellen, um deren Vergleichbarkeit zu dem als Standard geltenden Wasser der erstmals im 8. Jahrhundert erwähnten Quelle in Niederselters im heutigen Landkreis Limburg-Weilburg zu prüfen.

<sup>1</sup> Über die Genese der einzelnen wissenschaftlichen Disziplinen zu referieren ist hier jedoch nicht der Ort.

<sup>2</sup> Die Regale selbst befinden sich zudem in Räumlichkeiten, die äußere Einflüsse ausschließen – dem Autor kommt die Antwort der seinerzeitigen Opponenten Dr. Angela Merkel auf die Frage, „welche Empfindungen Deutschland in ihr wecke“, in den Sinn: „Ich denke an dichte Fenster! Kein anderes Land kann so dichte und so schöne Fenster bauen.“ [https://de.wikiquote.org/wiki/Angela\\_Merkel#2004](https://de.wikiquote.org/wiki/Angela_Merkel#2004), letzter Zugriff 30. August 2022.



Zeugnis der Sepulkralkultur des 19. Jahrhunderts: Das Grab von Wilhelm August Lampadius und seiner Frau Henriette Wilhelmine auf dem historischen Teil des Freiberger Donatsfriedhofes

fen. Lampadius strebte stets danach, sich ein Verständnis für die von ihm beobachteten Phänomene zu erarbeiten, war vorsichtig im Formulieren neuer Hypothesen und immer bereit, seine Schlussfolgerungen zu hinterfragen, nicht zuletzt im Fall seiner Wetterprognosen.<sup>4</sup>

Eilige Leserinnen (w/d/m) sind auf die im Anhang gegebene weiterführende Literatur zu verweisen. Ildikó Szász steckte in ihrer Dissertationschrift „Chemie für die Dame“ den Rahmen auch zu Lampadius‘ „Chemischen Briefen für Frauenzimmer“ ab, einer Literaturgattung, die sich in Wahrheit eben nicht an Frauen richtete, sondern an Menschen (Männer sind auch Menschen, H. Grönemeyer) jeglichen Geschlechts mit einer geringen chemischen Vorbildung. Hartmut Petzak und Peter Konečný dokumentieren die Ausbildung von Montanexperten im 18. und 19. Jahrhundert in Freiberg und anderen Orten.

Mit dem vom Autor konzipierten che-

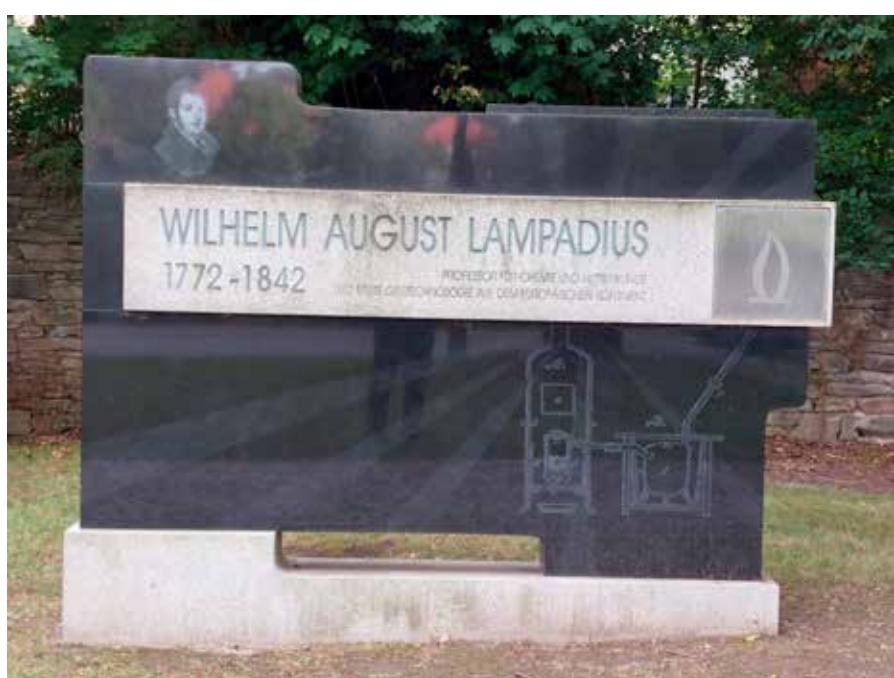
miehistorischen Spaziergang kann Lampadius‘ Wirken in Freiberg noch am historischen Ort erfahren werden, und dazu ist noch einiges mehr aus der Geschichte der Chemie in Freiberg zu sehen. Das Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte unterbreitet derzeit auf seiner universitären Internetseite unter der Rubrik „history to go“ einige Angebote, zu denen der Lampadius-Rundgang leider noch nicht gehört. Zwar schritten Konrad Grosshegelweg

und der Autor den Weg gemeinsam ab, aber das Mikrofon unserer Webcam arbeitete so hervorragend, dass oftmals mehr die Hintergrundgeräusche denn der erläuternde Text zum Bild zu verstehen waren. Zu einer Neubearbeitung

oder auch einer Neueinspielung ist es bislang nicht gekommen, da eine digitale Präsentation nicht mal eben einfach so entsteht, sondern im Ergebnis mehr Arbeitsleistung erfordert als die Herstellung einer gedruckten Variante. (<https://tu-freiberg.de/fakult6/technikgeschichte-und-industriearchaeologie/history-to-go: coming soon> > Auf den Spuren .... von Wilhelm August Lampadius)

Abschließend sei an dieser Stelle auf einen Zug in Lampadius‘ Charakter verwiesen, der seine wissenschaftlich-selbstkritische Arbeitsweise in beispielgebender Weise ergänzte:

Ungerechtigkeit mochte er nicht dulden. Das im wahrsten Sinne schlagendste Beispiel ist von seinem Sohn Wilhelm Adolph übermittelt, der in seinen Lebenserinnerungen nachfolgendes mitteilte: „Ich (aber) wurde der Privatschule eines Herrn Rochlitzer übergeben, die damals auch auswärts einen bedeutenden Ruf hatte, aber nach dem heutigen Stand der Pädagogik, wenigstens was den Direktor betrifft, mit Unrecht. Rochlitzer war ein vierstötiger Mann, bei dem der Ochsenziemer als Zuchtmittel eine große Rolle spielte. Er gab seine Lektionen, ausgenommen die Religionsstunden, meist im Schlafrock, in der Hand die lange Pfeife, vor sich ein gefülltes Bierglas. Seinen Vortrag unterbrach er, sobald er bei einem Schüler Unachtsamkeit oder sonst eine Unart bemerkte, durch heftige Zornausbrüche. (... [182] ...) Sonnabend Nach-



Die erloschene „ewige Flamme“ am 2012 errichteten Lampadius-Denkmal am Meißner Ring

4 Thiel, Wetterbeobachtungen; Pohl, Atmosphärologe.

mittag hielt der Direktor im Beisein des ganzen Coetus Revue über die Zensuren. Wer schlechte hatte, wurde vorgefordert und erhielt durch den ersten Aufseher (...) Schläge mit oben besagtem Instrument auf die offenen Hände oder gar die Kniekehlen, bei welch letzterer Strafart der Betroffene im Kreise herumgeführt wurde. Ein empörendes Schauspiel, das auf jedes feinfühlende, freiheitsliebende Gemüt den widerwärtigsten Eindruck machen musste. Ich selbst habe solche Strafe zwar nie erlitten, aber schließlich führte, dass ich mich über Rochlitzer unvorsichtig geäußert hatte und deshalb zu der ehrenrührigen Strafe verurteilt wurde, eine längere Zeit gesondert von den übrigen Schülern auf einem erhabenen Bänkchen zu sitzen, dazu, dass mein Vater Rochlitzer schrieb, er solle mich entweder meiner Strafe oder von der Schule entlassen. Rochlitzer wählte das letztere, und so wurde ich der Zucht dieses Pädagogen für immer enthoben.<sup>5</sup> Der vorbildliche Pädagoge in diesem Bericht ist Wilhelm August Lampadius: er vertraute dem Bericht seines Sohnes, stellte

dessen Zeugnis über das des Prügelpädagogen und trat der Demütigung des Kindes energisch entgegen.

#### Verwendete, wie auch zur weiteren Lektüre darüber hinaus empfohlene Literatur

Fuchsloch, Norman: „Kur“-Sachsen. Zur Geschichte der Bäder in Sachsen und ihrem Verhältnis zum Montanwesen, in: Ohlig, Christoph (Hrsg.): Wasserhistorische Forschungen Schwerpunkt Montanbereich. In memoriam Dr.-Ing. Martin Schmidt. Siegburg 2003 (Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft 3), S. 93-150.

Pohl, Norman: Wilhelm August Lampadius (1772-1842) - Atmosphärologe und Meteoromant, in: Kästner, Ingrid; Kiefer, Jürgen (Hrsg.): Von Kometen, Windhosen, Hagelschlag und Wetterballons. Beiträge zur Geschichte der Meteorologie. Aachen 2014 (Europäische Wissenschaftsbeziehungen 8), S. 53-76.

Pohl, Norman: Chemie gibt Brot, Wohlstand, Schönheit - „chemische Utopien“ als Treibstoff für den Motor der Modernisierung, in: Zoglauer, Thomas; Weber, Karsten; Friesen, Hans (Hg.): Technik als Motor der Modernisierung. Freiburg, München 2018, S. 81-127.

Pohl, Norman: „(..) eine Art von Mittelpunkt chemischer Kentniße in Sachsen.“ Zum Bau des für Wilhelm August Lampadius errichteten Laboratoriums vor 225 Jahren, in: acamonta-Zeitschrift für Freunde und Förderer der Tech-

nischen Universität Bergakademie Freiberg 28 (2021), S. 171-173.

Schleiff [heute: Petzak, Anm. N.P.], Hartmut; Konečný, Peter (Hrsg.): Staat, Bergbau und Bergakademie. Montanexperten im 18. und frühen 19. Jahrhundert. Stuttgart 2013 (Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte / VSWG - Behefte 223)

Szász, Ildikó: Chemie für die Dame. Fachbücher für das „Schöne Geschlecht“ vom 16. bis zum 19. Jahrhundert. Diss. Uni Marburg 1996, Königstein/Ts. 1997.

Wagenbreth, Otfried; Pohl, Norman; Kaden, Herbert; Volkmer, Roland: Die TU Bergakademie Freiberg und ihre Geschichte dargestellt in Bildern und Tabellen. 3. korrig. u. erw. Aufl., Freiberg 2012.

Walter, Hans-Henning (Hrsg.): Wilhelm August Lampadius 1772-1842. Chemiker, Erfinder, Fachschriftsteller und Hüttenmann. Tagung vom 11. bis 14. April 2012 in Freiberg in Sachsen. Freiberg 2013, darin die Beiträge von:

Görmar, Gerhard: Lampadius und die Phlogiston-Theorie, S. 297-318.

Grau, Christel: Lampadius und seine Freiberger Gärten, S. 189-196.

Grau, Christel: Bibliographie Wilhelm August Lampadius, S. 581-645.

Kugler-Kießling, Angela: Lampadius und seine „Chemischen Briefe für Frauenzimmer“, S. 403-412.

Lampadius, Wilhelm Adolph; Lampadius, Gottfried: Lebenserinnerungen von Wilhelm Adolph Lampadius, S. 179-188.

Pohl, N.: Ein chemiehistorischer Stadtrundgang auf den Spuren von Lampadius, S. 17-29.

Pohl, N.: Wilhelm August Lampadius, das Vergnügen und die Chemie an der Bergakademie Freiberg: Ausdifferenzierung einer Naturwissenschaft oder individuelle Selbstverwirklichung?, S. 387-402.

Priesner, Claus: Wilhelm August Lampadius und die Gasbeleuchtung, S. 491-514.

Thiel, Ulrich: Die Freiberger Wetterbeobachtungen von Wilhelm August Lampadius - der Versuch einer Annäherung, S. 333-364.

5 Lampadius/Lampadius, Lebenserinnerungen, S. 181-182. Johann Carl Gotthelf Rochlitzer (1774-1848), zu dem Freiberg-web.de in der Chronik 1800-1900 für das Jahr 1806 vermerkt: „Durch Johann Carl Gotthelf Rochlitzer (1774-1848) wird als eine der ersten Realschulen des Landes das Rochlitzer'sche Erziehungsinstitut eröffnet.“ Der in den verschiedenen Veröffentlichungen zur Geschichte Freibergs und der TU Bergakademie Freiberg zutage tretende Drang, Freiberg immer als „erste“, „eine der ersten“ usw. darzustellen, geht zumeist mit einer Vernachlässigung dessen einher, wie eine solchermaßen eingestufte „Tatsache“ im eigentlichen Zusammenhang mit Entwicklungen außerhalb der Freiberger Stadtmauern steht. <https://www.freiberg-web.de/>, <https://www.freiberg-web.de/html/chronik1800-1900.htm>, letzter Zugriff 30. August 2022. Vgl. auch die Ansprache des Freiberger Oberbürgermeisters Sven Krüger zum Neujahrsempfang am 20. Januar 2018: „Nach Silber drängt, am Silber hängt, doch alles.“, in leicht gekürzter Fassung abgedruckt in: Amtsblatt der Stadt Freiberg, Nr. 1 vom 26. Januar 2018, S. 4-5, hier S. 4. Lauterbach, Lampadius, in: Mitt FAV 85 (2000), S. 115-118.

## Ein Fragment

### Gedanken zum 250. Geburtstag des Friedrich von Hardenberg (1772-1801), genannt Novalis

Norman Pohl

Doch missglückt zum Schluss der Aphorismus, bleibt am End' ein romantisches Fragment.

Da der Aphorismus wie auch das Fragment für gewöhnlich in Prosa erscheinen, kann der erste Versuch als bewusst misslungen gelten. Der besondere Charakter des Fragments bei Friedrich Schlegel (1772-1829) und dem wenige Wochen jüngeren Novalis als „zentrale(n) Denk- und Stilform, in der sich nicht nur die Prozeßhaftigkeit, ja eine gewisse Sprung- und Rastlosigkeit

ihres Denkens, sondern auch wesentlich ästhetische und philosophische Ambitionen manifestieren“ wird dem philologischen Laien nicht klarer, wenn die Handbuchliteratur unterstreicht, beide hätten „trotz „symphilosophischer“ Verständigungsversuche kein einheitliches und endgültiges Konzept des Fragments im Sinne einer literarischen Kunstform formuliert.“<sup>1</sup> Eine umfassendere und angemessene Würdi-

gung<sup>2</sup> als das hier Geschöpfte ist aus einer Vielzahl an Gründen an dieser Stelle nicht zu leisten.<sup>3</sup> Erinnert sei aber an die Entdeckungen von Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), der aufgrund seiner Konzeptionen der romantischen Naturphilosophie die Existenz des

2 Vgl. etwa Mähl, Novalis.

3 Weiterführende Hinweise zum Selbststudium enthält die Internationale Novalis-Bibliographie 1791-2003, [https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb2/GER/pdf\\_dateien/ndl\\_uerlings\\_inb.pdf](https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb2/GER/pdf_dateien/ndl_uerlings_inb.pdf), letzter Zugriff 10. Oktober 2022.

1 Ostermann, Fragment/Aphorismus, S. 276.

UV-Lichtes vorhersagte und 1801 auch nachwies und an den dänischen Physiker Hans Christian Oersted (1777-1851) als nachmaligen Entdecker des Elektromagnetismus. Oersteds Entdeckung 1820 stand im Einklang mit Ritters Ansichten von Einheit und Polarität und führte Thomas Seebeck (1770-1831) wiederum zur Entdeckung der Thermo-elektrizität.<sup>4</sup> Seebeck tauschte sich mit Goethe (1749-1832), Lorenz Oken (1779-1851) und Ritter aus, Oersted mit Ritter, und Novalis kommentierte: „Ritter ist Ritter. Wir sind nur Knappen.“<sup>5</sup>

Gerhard Schulz bietet mit seiner 2011 erschienenen Biographie eine solide und gefällige Darstellung von Leben und Werk Friedrich von Hardenbergs. Politische Konflikte um die Person Novalis werden nicht ausgespart, und ein besonderer Schwerpunkt liegt darauf, sich von Novalis und seinem Umfeld im wahrsten Sinne des Ausdrucks ein Bild machen zu können. Doch das Resultat (m)einer – abgebrochenen – Suche nach einem Beitrag, in dem Karl Marx Novalis charakterisierte, soll nicht vorenthalten werden: „Novalis wird in der einschlägigen Literatur zum Rausch in der deutschen Romantik an erster Stelle genannt, nicht nur, weil er bekanntermaßen selbst Opium nimmt, sondern auch, weil er unter dessen Einfluss schreibt.“<sup>6</sup>

Die nachfolgenden Überlegungen sind von schlaglichtartigem, eben fragmentarischem Charakter. Sie beruhen auf einer zum wiederholten Male begonnenen, nun systematisch durchgeführten, geradezu romantischen, da fragmentarischen und immer noch nicht beendeten Lektüre des Allgemeinen Brouillon, ergänzt durch subjektiv Bemerkenswertes, das zur Auseinandersetzung mit der Person Novalis und

der Romantik als nur scheinbar einheitlicher deutscher Geistesströmung führen kann und ist auch in eben diesem Sinne fragmentarisch-romantisch, vielleicht sogar dadurch eher an Novalis angenähert, hatte dieser doch „explizit weniger hohe Ansprüche mit seinen Fragmenten verbunden, indem er zum Beispiel deren häufig nur vorläufigen und ‚transitorischen Werth‘

Charakter des Materials vorbeigeht, in dem sich ein kontinuierlich zwischen Exzepieren und Weiterdenken verlaufendes Selbstgespräch mit [278] anderen Autoren objektiviert (...).“<sup>8</sup>

Unter den Vorzeichen verschiedener Krisenerscheinungen der Gegenwart, Energiepreiskrise wie Abgabenbelastung der Staatsbürger jeglichen Geschlechts, sollen für den „Freiberger Novalisblick“<sup>9</sup> bislang eher randständige Themen dem fiktiven Dialog mit Novalis unterzogen werden, und zwar anhand dessen „Selbstgesprächs“ eben im Allgemeinen Brouillon. Dort ist zu lesen:

„Nur wer nicht im Staate lebt, in dem Sinne, wie man in seiner Geliebten lebt, wird sich über Abgaben beschweren.“<sup>10</sup> Bundespräsident Gustav Heinemann formulierte nach Hermann Schreiber hingegen: „Ach was, ich liebe keine Staaten, ich liebe meine Frau; fertig!“<sup>11</sup>

Novalis stellt im Text des vollständigen Fragments den Nutzen des Staats für den Einzelnen heraus. Die Textpassage lautet vollständig:

„Je mehr Abgaben, je mehr Staatsbedürfnisse, desto vollkommener der Staat. Keine Abgabe soll seyn, die nicht ein Gewinn für den Einzelnen ist. Wie viel mehr müßte ein Mensch außerm Staate anwenden um sich Sicherheit, Recht, gute Wege etc. zu verschaffen. Nur wer nicht *i m* Staate lebt, in dem Sinne, wie man in seiner Geliebten lebt, wird sich über

Abgaben beschweren. Abgaben ist der

8 Ostermann, Fragment/Aphorismus, S. 277/278, oder auch der Verweis auf S. 284: „Es sind Bruchstücke des fortlaufenden Selbstgesprächs in mir - Senker“ (3KS IV, S. 241 f.).

9 Vgl. Schetelich, Novalis; Uerlings, Novalis; Schmid, Friedrich von Hardenberg; Fuchsloch, Poët.

10 Novalis, Brouillon, S. 313 / 73, Aufzeichnungen vom September bis Oktober 1798, Nr. 394, Zeile 10-18. Hervorhebung im Original.

11 NICHTS ANSTELLE VOM LIEBEN GOTT, 12.01.1969, 13.00 Uhr, aus: DER SPIEGEL 3/1969 <https://www.spiegel.de/politik/nichts-anstelle-vom-lieben-gott-a-004f51a5-0002-0001-0000-000045845435?context=issue> letzter Zugriff 10. Oktober 2022.



Friedrich von Hardenberg (1772-1801), genannt Novalis

Foto: TU Bergakademie Freiberg

betont hat (vgl. 3KS IV, S. 270 f.).“<sup>7</sup>

Nicht jedes scheinbare Fragment ist auch eins, und so „hat sich (...) der in der älteren HARDENBERG-Forschung unternommene Versuch, die als *Allgemeines Brouillon* überlieferten Aufzeichnungen für NOVALIS‘ Enzyklopädie-Projekt im Sinne einer bewußt gewollten Kunstform zu deuten, als unhaltbar erwiesen, da dies an dem experimentellen

7 Ostermann, Fragment/Aphorismus, S. 277. 3KS IV = Novalis, Schriften. Die Werke Friedrich von Hardenbergs, hg. von P. Kluckhohn/R. Samuel, IV Bde. und I Begleitband, 3. ergänzte, erweiterte und verbesserte Auflage, Stuttgart 1977 ff.

4 Büttner, Ritter; Mathis, Seebeck. Vgl. auch Maßen Geschichts, S. 564-566.

5 Novalis an Caroline Schlegel, 20. Januar 1799. Nachgewiesen in Strack/Eicheldinger, Fragmente, S. 519.

6 Eberhardt, Religion, S. 273.

höchste Vortheil. Die Abgaben kann man, als Besoldung des Staats d[as] i[st] eines sehr mächtigen, sehr gerechten, sehr klugen und sehr amusanten Menschen, betrachten.“<sup>12</sup> Der Steuer-Song aus dem Jahr 2002 von „Las Kanzlern“, also Elmar Brandt, entstanden im Rahmen der GERM-SHOW,<sup>13</sup> lässt einen völlig anderen Blick auf das mit Steuerzahlungen einhergehende Amusement zu. Und Dieter Nuhr brachte es am 06. Oktober 2022 auf den Punkt: „Der Deutsche flieht nur vor einem Feind: dem Finanzamt.“<sup>14</sup> Das Etatrecht bildete sich als eine der zentralen Kompetenzen des Parlaments in der parlamentarischen Demokratie heraus,<sup>15</sup> aber vor dem Hintergrund einer über mehr als zwei Jahrhunderte entwickelten Infrastruktur stellt sich die Frage der Mittelverwendung eben noch einmal anders, und dem Grundsatz „Erhalt geht vor Neubau“ sollte Geltung verschafft werden.

Die hier aneinandergereihten Stellen verdeutlichen nicht nur den experimentellen Charakter eines Selbstgesprächs mit anderen Autoren, sie machen auch klar, dass die Vergegenwärtigung der Zeitumstände bei einer Spanne von 225 Jahren essentiell für die Interpretation des Texts ist. So wäre auch einmal zu diskutieren, inwieweit die Zeitumstände der französischen Revolution Einfluss auf das Denken von Novalis ausübten.<sup>16</sup>

Und Novalis war keinesfalls ein Anarchist, sondern im Gegenteil in seinen hier dargestellten Aussagen höchst staatstragend:

12 Novalis, Brouillon, S. 313 / 73, Aufzeichnungen vom September bis Oktober 1798, Nr. 394, Zeile 10-18. Ob hier zugleich das Projekt einer „neuen Bibel“ aufscheint und ein Bezug zu Matthäus 22,21 („Gebt dem Kaiser, was des Kaisers ist und Gott, was Gottes ist“) herzustellen ist, kann hier ebenfalls nicht diskutiert werden.

13 Vgl. dazu einmal ausnahmsweise wikipedia, mit weiterführenden Nachweisen: [https://de.wikipedia.org/wiki/The\\_Ketchup\\_Song#Version\\_von\\_Die\\_Gerd\\_Show](https://de.wikipedia.org/wiki/The_Ketchup_Song#Version_von_Die_Gerd_Show), letzter Zugriff 06. September 2022.

14 Dieter Nuhr, in: Nuhr im Ersten, Sendung vom 06. Oktober 2022, ard-Mediathek, <https://www.ardmediathek.de/video/nuhr-im-ersten/nuhr-im-ersten-vom-6-oktober-2022/das-erste/Y3JpZDovL2RhC2Vyc3RILmRIL3N-hdGlyZSBnaXBmZWvMmUxNjZkZDMtOD-JhOS00YzVLTg4YmUtYzMxYTg0OTBjYWYx>, letzter Zugriff am 07. Oktober 2022, 1 Minute 16 Sekunden bis 1 Minute 21 Sekunden.

15 Erinnert sei an den politischen Wahlspruch aus der Zeit des amerikanischen Unabhängigkeitskriegs: „No taxation without representation!“

16 Hier der Hinweis auf die mir nicht zugängliche Literatur Dahnke, Befreiungsstreben.



Schloss Grüningen. Dort trafen sich am 17. November 1794 die zwölfjährige Sophie von Kühn und der zehn Jahre ältere Novalis erstmalig

„POL[ITIK]. Der Mensch hat den Staat zum Polster der Trägheit zu machen gesucht – und doch soll der Staat gerade das Gegentheil seyn – Er ist eine Armatur der gesammten Thätigkeit – Sein Zweck ist den Menschen absolut mächtig – und nicht absolut schwach – nicht zum trächtigen – sondern zum thätigsten Wesen zu machen. Der Staat überhebt den Menschen keiner Mühe, sondern er vermehrt seine Mühseligkeiten vielmehr ins Unendliche – Freylich nicht ohne seine Kraft ins Unendliche zu vermehren. Der Weg zur Ruhe geht nur durch den *Tempel* (*das Gebiet*) der allumfassenden Thätigkeit.“<sup>17</sup>

Die hier propagierte tätige Mitwirkung des Einzelnen ist aber vollendet nur bei Gültigkeit einer demokratischen Verfassung möglich – was Novalis’ Ansicht zum Thema nicht unbedingt entsprochen haben mag.

Unmittelbar an das vorige Fragment schließt Novalis Gedanken zu POL[ITIK] an, die das Verhältnis des einzelnen Menschen zum Staat, aber auch zum Verhältnis von Staaten untereinander wiedergeben:

„POL[ITIK]. Das Bedürfniß eines Staats ist das dringendste Bedürfniß eines Menschen. Um Mensch zu werden und zu bleiben, bedarf er eines Staats. Der Staat hat natürlich Rechte und Pflichten, wie der einzelne Mensch. Ein

Mensch, ohne Staat ist ein Wilder. Alle Kultur entspringt aus den Verhältnissen eines Menschen mit dem Staat. Je gebildeter, desto mehr *Glied* eines gebildeten Staats. Es gibt *wilde Staaten* – moralische und unmoralische – Genialische und Philisterstaaten. Erziehung und Bildung des Staats. Staaten erziehen sich selbst, oder werden *erzogen* von andern Staaten.“<sup>18</sup>

Staaten, die andere Staaten erziehen? Eine alltägliche innereuropäische Angelegenheit zu Novalis’ Lebzeiten, und es bleibt bei ihm offen, wer im Verhältnis etwa zwischen Frankreich, Großbritannien, Spanien, Preußen, Baiern,<sup>19</sup> Österreich und Russland wen erzieht – Russen, Preußen und Österreicher die Polen etwa, und was hielten und halten die betroffenen Staaten und Völker denn davon? „The White man’s burden“ von Rudyard Kipling,<sup>20</sup> etwa ein Jahrhundert später entstanden, wendet den Blick dann in die Weite der Welt, und die Auffassung vom Krieg als dem großen Erzieher geht nahtlos in nationalsozialistisches Gedankengut zur „Volkserziehung“ über.<sup>21</sup>

18 Novalis, Brouillon, S. 313 / 73, Aufzeichnungen vom September bis Oktober 1798, Nr. 394, Zeile 19-27.

19 Das „y“ in Bayern ist eine politische Entscheidung nach Novalis’ Tod. Vgl. Paulus et al., Schätze.

20 [http://www.loske.org/html/school/history/c19/burden\\_full.pdf](http://www.loske.org/html/school/history/c19/burden_full.pdf), letzter Zugriff 06. September 2022.

21 Weiterführend Platner et al., Schule.



Wohnhaus von des Oberberghauptmanns Töchterlein, Julie von Charpentier (1776-1811), Burgstraße

„Staat“ ist nach Novalis aber wohl nur zu machen, wenn alle Staatsbürger sich beteiligen.<sup>22</sup>

„POLITIK. Die Lehre vom Mittler leidet Anwendung auf die Politik. Auch hier ist der Monarch – oder die Regierungsbeamten – *Staatsrepreäsentanten* – *Staatsmittler*. Was dort gilt, gilt hier. Hier ist der physiologische Satz umgekehrt – Je geistvoller und lebendiger die Glieder sind – desto lebendiger, persönlicher ist der Staat. Aus jedem ächten Staatsbürger leuchtet der *Genius des Staats* hervor – so wie in einer religiösen Gemeinschaft ein persönlicher Gott gleichsam in tausend Gestalten sich offenbart. Der Staat und Gott, so wie jedes geistige Wesen erscheint nicht *einzelnen*, sondern in tausend, manichfältigen Gestalten – nur panthäistisch erscheint Gott *ganz* – und nur im Panthäismus ist Gott *ganz* überall, in jedem Einzelnen. So ist für das große Ich, das gewöhnliche Ich und das gewöhnliche Du nur Supplemente. Jedes Du ist ein Supplement zum großen Ich. Wir sind gar nicht Ich – wir können und sollen aber Ich werden. Wir sind Keime zum Ich werden. Wir sollen alles in ein Du – in ein zweytes Ich verwandeln – nur dadurch erheben wir uns

22 Die Diskussion des emanzipatorischen Charakters der Frühromantik muss an dieser Stelle gleichfalls unterbleiben.

selbst zum Großen Ich – das *Eins* und Alles zugleich ist.“<sup>23</sup> „Aus jedem ächten Staatsbürger leuchtet der Genius des Staats hervor“? Der Episodenroman Don Camillo und seine Herde von Giovannino Guareschi lässt in der Erzählung „Der große Tag“ einen ganz anderen Blick in das Denken politisch Mächtiger, hier des Dorfbürgermeisters Peppone zu: „Peppone legte Festkleidung an, warf sich in die Brust und verließ das Haus, um sich zur Wahl zu begeben. Als er sich vor dem Wahllokal anstellte, sagten alle zu ihm: „Aber bitte, Herr Bürgermeister, gehen Sie nur vor!“ Er aber lehnte dankend ab und erklärte, daß in der Demokratie alle gleich seien. In Wahrheit aber dachte er, es sei ungerecht, daß seine Stimme nicht mehr wog als die von Pinola, dem Rastelbinder, der sieben Tage in der Woche

betrunken war und dann nicht einmal wußte, wo die Sonne aufgeht.“<sup>24</sup> „Doch wie's da drin aussieht, geht niemand“ etwas an., legte Ottilie Léon 1929 dem Prinzen Sou-Chong in anderem Zusammenhang in Franz Lehárs Land des Lächelns in den Mund.

Eine gewisse Faszination scheinen auf Novalis staatliche Kontrollmöglichkeiten auszuüben, selbstverständlich nur zum Besten für die Betroffenen. Die Energiekrise an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert spiegelt sich hier wider:

„STAATSOECONOMIE. Zur Holzersparung – gemeinschaftliche Küchen – Gemeinschaftliche Wohngebäude. Politzeyaufsicht der Meublirung und d[es] Hausgeräths. Die ganze Oeconomie im Staate könnte im Großen betrieben werden – Der Baurenstand fiele weg und es bliebe nur ein Geschäftsstand. Taxation der Arbeiten.“<sup>25</sup> Nicht gerade zimperliche Vorschläge in der Wahl der Mittel zur Durchsetzung von Einsparzielen – hinsichtlich der „Politzeyaufsicht der Meublirung und d[es] Hausgeräths“ kommt Ephraim Kishon und sein Roman „Der Fuchs im Hühnerstall“ in den Sinn, in welchem am Beispiel der „Dreitürniks“ eben genau diese „Politzeyaufsicht“ und im weiteren die scheinrationale Entwicklung von Besteuerungsgrundlagen karikiert werden. Der „Wegfall des Baurenstandes“ blieb noch Gegenstand späterer politischer Utopien gegen Ende des 19. Jahrhunderts, so beschrieben in August Bebel „Die Frau und der Sozialismus“.<sup>26</sup>

Bedürfte es einer Erklärung, warum Novalis nicht zu jenen Persönlichkeiten gehört, die mit einem Zitat die Wand im ersten Obergeschoss des Dietrich-von-Freiberg-Gebäudes verschönern dürfen, wie wäre es mit seiner nachfolgenden, ohne weitere Interpretation dargebotenen Überlegung?

„PHIL[OSOPHISCHE] TELEOL[OGIE]. Die Phil[osophie] kann kein Brod backen – aber sie kann uns Gott, Freyheit und Unsterblichkeit verschaffen – welche ist nun practischer – Philos[ophie] oder Oeconomie. (Verschaffen ist Machen – Machen drückt nichts anders aus).“<sup>27</sup>

Demgegenüber faszierte im Freiberger Novalis-Bild – analog zu der auf Alexander von Humboldt bezogenen Metabiographie von Nicolaas Rupke wäre eine das Novalis-Bild verschiedener Epochen diskutierende Darstellung sicher von Vorteil – stets die Fokussierung auf praktische Fragen eines ansonsten leicht als weltfremd zu charakterisierenden Romantikers:

„Ich schicke Ihnen hier einige Versteinerungen aus meiner Sammlung und Elephantenzähne aus der hiesigen Gegend: der Domherr Witzleben hat mir dieselben für Sie abgetreten. Nur der Große, wohlconservirte Zahn ist von einem Mann hier aus der Stadt, der ein Curiosus Naturae ist und dem ich einige Freyberger Mineralien dafür habe versprechen müssen. Wollen Sie ihm einige schicken, was ein bischen in die Augen fällt, so wird er zufrieden seyn. Herder wird wohl so gefällig seyn und die Zusendung besorgen.“<sup>28</sup>

Tatsächlich sind in den Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg heute Teile von Elefantenzähnen nachweisbar, die wohl auch im fraglichen Zeitraum in die Werner'schen Sammlungen gelangten.<sup>29</sup>

26 Siehe weiterführend Pohl, Chemie.

27 Novalis, Brouillon, S. 315 / 75, Aufzeichnungen vom September bis Oktober 1798, Nr. 401.

28 Novalis an Abraham Gottlob Werner, 24. März 1800, abgedruckt in: Mähl/Samuel, Novalis, Band 1, Brief Nr. 128, S. 734-737, hier S. 735.

29 Mitteilung Dr. Birgit Gaitzsch.

Was lohnt zur Vergegenwärtigung von „Romantik“ einen Besuch? Heidelberg, Dresden, Grüningen? Die „Forschungsstätte für Frühromantik und Novalis-Museum Schloss Oberwiederstedt“ wurde zum 250. Geburtstag nach einer längeren Phase der baulichen Sanierung im Schloßgebäude mit einer Sonderausstellung wiedereröffnet,<sup>30</sup> doch sind längst noch nicht alle erforderlichen Maßnahmen am Gesamtkomplex abgeschlossen. Um die Entwicklungen der letzten 50 Jahre zu verdeutlichen, war passend die reich bebilderte Dokumentation von Gerald Wahrlich über die Rettung des Novalis-Geburtshauses verfügbar, die die Entwicklung vom zu DDR-Zeiten von Spitzenfunktionären betriebenen Abriss bis zur heutigen Forschungsstätte verstehen hilft. Das „Deutsche Romantik-Museum“ in Frankfurt am Main führt die Liste der „Schatzhäuser der Romantik“ an, das Dresdener Kugelgen-Haus läge näher. Oder vielleicht eine Wanderung entlang des Malerwegs im Elbsandsteingebirge, oder doch lieber auf dem Philosophenweg in Heidelberg? Und schließlich mag auf dem Weg zu so manchen Novalis-Stätten auch die Frage auftreten: Begegnete Novalis Sophie und Julie tatsächlich mit Liebe, oder waren es doch, ganz prosaisch, mehr die Häuser, in denen sie – und der vielleicht künftige Ehemann – lebten? Schulz verweist auf einen Brief von Novalis an Friedrich Schlegel vom 20. Januar 1799, in dem er seine Zukunft nach der Verlobung mit Julie von Charpentier beschreibt: „Ein sehr interessantes Leben scheint auf mich zu warten – indeß aufrichtig wär ich doch lieber todt.“<sup>31</sup> „Bauer sucht Frau mit Traktor, Zuschrift bitte mit Bild des Traktors“, lautete ein bösartiges Bonmot auf hessischen Schulhöfen, etwa 170 Jahre nach Novalis Tod.

Ordnen sich die Gedanken am Ende nicht gemäß der GEISTIGEN BILDUNGSLEHRE des Novalis?

„GEISTIGE BILDUNGSLEHRE“. Man studiert fremde Systeme um sein eigenes System zu finden. Ein fremdes System ist der Reitz zu einem Eignen. Ich werde mir meiner eignen Philosophie, Physik etc. bewußt – indem ich von einer Fremden afficirt werde – versteht sich, wenn ich selbstthätig genug bin. Meine Phil[osophie] oder Physik kann

nun mit dem Fremden übereinstimmen oder nicht. Im ersten Falle zeigt es Homogenität – gleichen wissenschaftlichen Charakter, wenigstens in dieser Beziehung an. (Ehe der heterogenen Systeme)“<sup>32</sup>

Jeder hat das Recht auf eine eigene Meinung, aber eben nicht auf eigene Tatsachen und Fakten. Resultierend aus zufälliger, aber nicht abgeschlossener Lektüre, waren hier einmal andere Gedanken des jungen, noch gleichsam tastend Suchenden, Neuland bestellenden Mannes („Novalis“) in den Fokus der Aufmerksamkeit zu rücken: Aussagen zum Verhältnis des Einzelnen zum Staat, zur Funktion wie auch zur Funktionsfähigkeit eines Staats. Doch bleiben sie am Ende gewollt fragmentarisch, sollen aber, wenn sie ihren Zweck erfüllen, zur Novalis-Lektüre anregen, zum „studiren fremder Systeme, um ein eigenes System zu finden.“

Und vielleicht gebiert das Fragment endlich doch noch einen Aphorismus?

Der Abgabetermin ist da, und Dein Text zappelt noch? Töte ihn.

Und zum Nachsatz doch noch ein Fragment: Was Du einem Proseminaristen nie durchgehen liessest: Novalis schreibt an Caroline Schlegel und an Friedrich Schlegel am gleichen Tag (20. Januar 1799), und dazu gibt es keinen Kommentar?

#### Literatur zum „Afficirt-werden“:

Bohnenkamp, Anne; Bunzel, Wolfgang; Ilbrig, Cornelia (Hrsg.): Schatzhäuser der Romantik. Ein Wegweiser zu Museen, Wohnhäusern und Gedenkstätten. Ditzingen 2021.

Büttner, Stefan: Johann Wilhelm Ritter, in: Neue Deutsche Biographie (NDB) Bd. 21, Pütter-Rohlf, Berlin 2003, S. 664-665.

Dahnke, Hans-Dietrich: Befreiungsstreben und Geschichtsentwicklung. Novalis Sicht auf die Französische Revolution. In: Germanica Wratislaviensis 80, 1990, S. 29-42.

Eberhardt, Joachim: Religion als „das Opium des Volkes“. Ein Beitrag zur Ideengeschichte – mit einigen neuen Funden, in: Deutsche Vierteljahrsschrift für Literaturwissenschaft und

Geistesgeschichte 93 (2019), S. 263-286. Online publiziert: 1. August 2019. <https://doi.org/10.1007/s41245-019-00080-4>, letzter Zugriff 06. September 2022.

Fuchsloch, Norman: „Der Poët versteht die Natur besser, wie der wissenschaftliche Kopf“ – Bemerkungen zu Novalis’ Projekt der Romanisierung der Naturwissenschaften, in: Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau 53 (2001), Heft 5-6, S. 200-213.

Guareschi, Giovannino: Der grosse Tag, in: Don

Camillo und seine Herde. Hamburg 1957, Ausgabe 1976, S. 24-29.

Internationale Novalis-Bibliographie 1791-2003, [https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb2/GER/pdf\\_dateien/ndl\\_uerlings\\_inb.pdf](https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb2/GER/pdf_dateien/ndl_uerlings_inb.pdf), letzter Zugriff 10. Oktober 2022.

Mähl, Hans-Joachim: Novalis, in: Neue Deutsche Biographie 7 (1966), S. 652-658 [Onlinefassung]; URL: <https://www.deutsche-biographie.de/pnd118588893.html>

Mähl, Hans-Joachim; Samuel, Richard (Hrsg.): NOVALIS. Werke, Tagebücher und Briefe Friedrich von Hardenbergs. 3 Bände, Ausgabe Darmstadt 1999.

Mason, Stephen F.: Geschichte der Naturwissenschaft in der Entwicklung ihrer Denkweisen. Neudr. d. Ausg. von 1974, Stuttgart 1991.

Mathis, Wolfgang: Thomas Johann Seebeck, in: Neue Deutsche Biographie (NDB), Bd. 24, Schwarz-Stader, Berlin 2010, S. 132-133.

Novalis: Das Allgemeine Brouillon. Materialien zur Enzyklopädistik 1798/99. Mit einer Einleitung von Hans-Joachim Mähl. Hamburg 1993 (Philosophische Bibliothek 450).

Ostermann, Eberhard: Fragment/Aphorismus, in: Schanze, Helmut: Romantik-Handbuch. Tübingen 1994, S. 276-288.

Paulus, Christoph; u.a. (Hrsg.): 100 Schätze aus 1000 Jahren – Katalog zur Bayerischen Landesausstellung 2019/20, Augsburg 2019.

Platner, Geert; Schüler der Gerhard-Hauptmann-Schule in Kassel (Hrsg.): Schule im Dritten Reich. Erziehung zum Tod. Eine Dokumentation. Köln 1988 (Kleine Bibliothek 484 – Politik und Zeitgeschichte).

Pohl, Norman: Chemie gibt Brot, Wohlstand, Schönheit – „chemische Utopien“ als Treibstoff für den Motor der Modernisierung, in: Zoglauer, Thomas; Weber, Karsten; Friesen, Hans (Hg.): Technik als Motor der Modernisierung. Freiburg, München 2018, S.81-127.

Rupke, Nicolaas A.: Alexander von Humboldt. A Metabiography. Frankfurt am Main, Berlin, Wien 2005.

Schanze, Helmut (Hrsg.): Romantik-Handbuch. Stuttgart 1994 (Kröners Taschenausgabe 363).

Schötelich, Sabine: Novalis in Freiberg. Prägung des Dichters und Rezeption seines Werkes., in: Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau Bd. 53 (2001), Heft 5-6, S. 170-177.

Schmid, Heinz Dieter: Friedrich von Hardenberg (Novalis) und Abraham Gottlob Werner. Diss. Tübingen 1951.

Schmidt, Steffen; Kuhn, Kristina (Hrsg.): ... wie verkörperte Worte ... BILD-NETZE und NETZWERKE der Romantik. Oberwiederstedt 2022.

Schulz, Gerhard: Novalis. Leben und Werk Friedrich von Hardenbergs. München 2011.

Strack, Friedrich; Eicheldinger, Martina (Hrsg.): Fragmente der Frühromantik. Band 1: Edition. Berlin, Boston, Mass. 2011.

Uerlings, Herbert: Novalis in Freiberg. Die Romanisierung des Bergbaus. Mit einem Blick auf Tiecks „Runenberg“ und E.T.A. Hoffmanns „Bergwerke zu Falun“, in: Aurora 56 (1996), S. 57-77.

Wahrlich, Gerald: Die Rettung des Novalis-Geburtshauses oder Der Kampf gegen die Obrigkeit. Wiederstedt 2003.

<sup>30</sup> Schmidt/Kuhn, Worte.

<sup>31</sup> Schulz, Novalis, S. 106, mit Verweis auf HKA Bd. 4, S. 273.

<sup>32</sup> Novalis, Brouillon, S. 278/38, Aufzeichnungen vom September bis Oktober 1798, Nr. 220.

## Aufschwung der Saline Dürrenberg nach 1800 durch das Wirken Friedrich von Hardenbergs (Novalis) und Christian Friedrich Brendels

## Eberhard Richter

Die beiden Bergakademisten Christian Friedrich Brendel und Friedrich von Hardenberg (Novalis) nahmen nach ihrem Studium in Freiberg maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung der Saline Dürrenberg. Während Novalis nach dem ab 1797 gemeinsam absolvierten Studium 1799 als Salinenassessor nach Weißenfels gegangen war, folgte ihm Brendel dorthin wenige Jahre später.

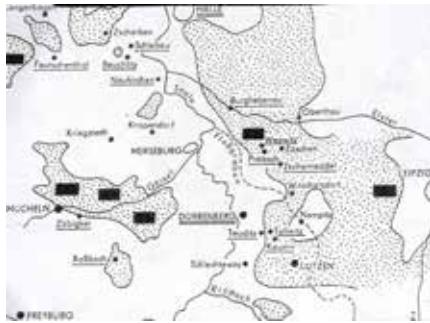


Abb. 1: Die von Novalis angeschobene Erkundung der Lagerstätten fand nach seinem frühen Tod am 25. März 1801 ihren Niederschlag in den von seinem Vater Heimrich Ullrich Erasmus von Hardenberg 1806 ausgearbeiteten vertraglichen Regelungen über die Kohleabbaurechte auf dem Rittergutsbesitz Wegwitz (heute Wallendorf bei Merseburg).

In Weißenfels war Novalis' Vater Heinrich Ullrich Erasmus von Hardenberg für die kursächsischen Salinen Artern, Kösen und Dürrenberg verantwortlich. Ende des 18. Jahrhunderts war es wegen des knapper werdenden Holzangebots auf den Salinen erforderlich, die Feuerung auf Kohle umzustellen. Mit diesem mineralischen Brennmaterial Kohle hatte sich auch Abraham Gottlob Werner (ab etwa 1800) beschäftigt. Mit dem Wernerschen Rüstzeug versehen musste sich nun auch Novalis der Untersuchung der Kohlevorkommen im Umkreis der Salinen eingehend widmen. Ihm zur Seite stand der Freiberger Nochstudent Friedrich Traugott Michael Haupt. Über die wichtigsten für die Saline Dürrenberg interessanten Kohlevorkommen im Stift Merseburg wird an Werner am 28. April 1800 berichtet und es werden dabei folgende Lagerstätten aufgelistet: Lützen, Schlechtewitz, Kauern, Teuditz, Tollwitz, Nempitz, Witschersdorf, Zscherneddel, Zöschen, We g w i t z, Pretzsch, Oberthau, Burglie-

benau, Döllitz in der Aue, Zscherben, Knapendorf, Kriegstädt, Neukirchen, Beuchlitz, Schleitau, Teutschenthal - und im Amt Freyburg: Roßbach, Mücheln und Zöbicker.



Abb. 2: H. U. Erasmus von Hardenberg

Für Brendel dagegen stand nach dem Studium zunächst eine Bildungsreise nach England an, die er unternahm, um die dortige Industrie und ihre Technik kennenzulernen. Die zunächst auf eine Dauer von ca. 12 Monaten ausgerichtete Reise begann im Dezember 1802, endete aber erst im Januar 1805. Nach seiner Rückkehr wurde Brendel am 1.3.1805

vom Oberbergamt als Salinenbaumeister in Dürrenberg eingesetzt. Brendels Hauptaufgabe bestand darin, einen Beischacht zum bereits vorhandenen Borlachschacht mit der dazugehörigen Antriebs- und Fördertechnik zu errichten. Nach Maßgabe des im Jahr 1806 mit dem Rittergut Wegwitz abgeschlossenen Vertrags zum Abbau der Braunkohle für die Saline Dürrenberg erweiterte sich jedoch schon bald der Arbeitsbereich Brendels: Er musste zum Abpumpen des über der Kohle anstehenden Wassers die entsprechende Technik entwickeln. In einem Variantenvergleich für einen Betrieb von 10 Jahren stellte er traditionellerweise genutzte Anlagen, wie Handpumpen, Treträder oder eine sog. Rosskunst einer dampfmaschinengeriebene Anlage gegenüber. Diese Innovation wurde durch die Regierung in Dresden positiv aufgenommen und am 18.12.1807 dann die Entscheidung zugunsten einer Dampfmaschine getroffen. Brendel konnte mit der Realisierung seines Projekts 1808 beginnen, d. h. seinem Vorschlag entsprechend eine Dampfmaschine bauen. Zeichnungen und Modelle für die erforderlichen Gussteile wurden unter schwierigen Bedingungen in Dürrenberg mit Unterstützung des Zimmermanns Carl Heinrich Döring (später Bergstudent in

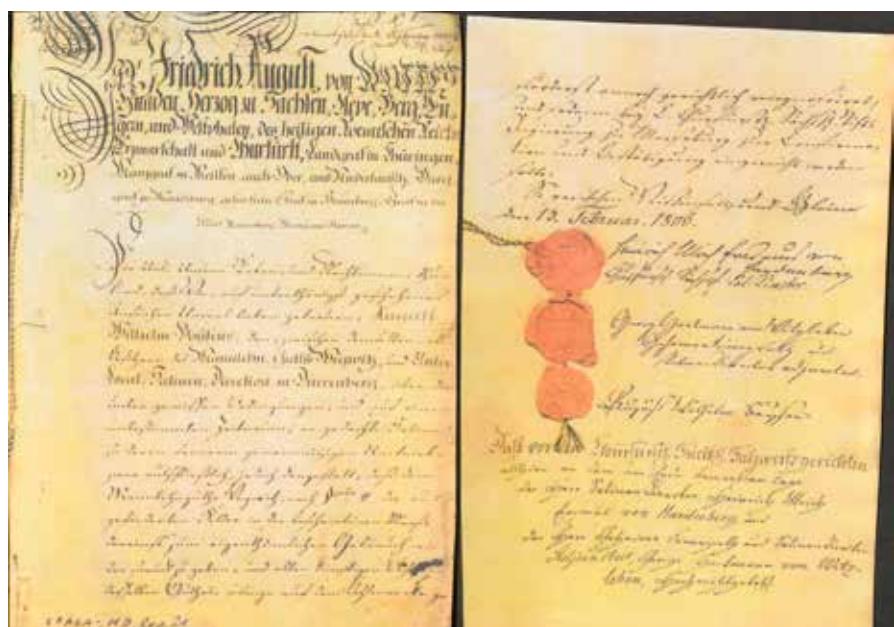


Abb. 3: Vertrag mit dem Rittergut Wegwitz zum Kohlenabbau

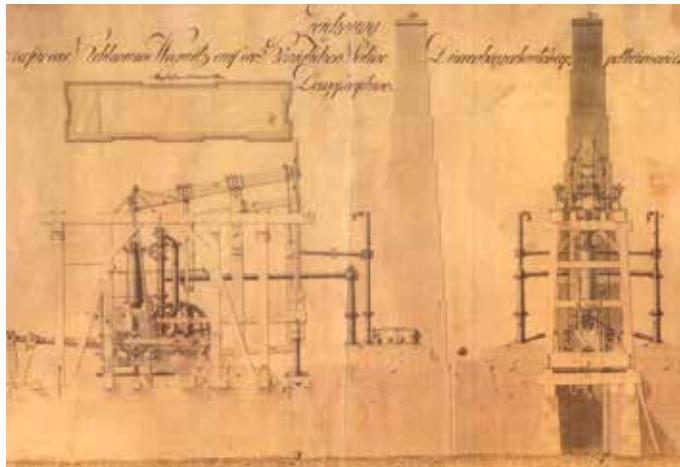


Abb. 4: Die Brendelsche Dampfmaschine kurz vor dem Probetrieb 1810, gezeichnet von J. K. Schulze aus Zwickau

Freiberg) angefertigt. Der Abguss der Teile erfolgte dann in den etwa 120 km entfernten Einsiedelschen Eisenwerken Lauchhammer. Im Sommer 1811 wurde der Bau der Maschine vollendet. Der Probetrieb der Soleförderung startete dann zur Zufriedenheit der Beteiligten direkt am Gradierwerk.

Da die Grubenwassermenge in Wegwitz in der Zwischenzeit geringer ge-



Abb. 5 u. 6: Brief von Bischof an Brendel vom 27.08.1830 mit Zeichnung des Dampfwagens

worden war und einfacher abgepumpt werden konnte, wurde die Maschine von 1811 bis 1816 in der für die Saline arbeitenden Kohlengrube Schkortleben eingesetzt. Von 1816 bis 1838 arbeitete die Maschine dann am Dürrenberger Gradierwerk V bei der Soleförderung. In der Folge wurde sie wegen zu geringer Leistung dann an den Rittergutsbesitzer Kraaz in Großkayna (Geißeltal) verkauft, wo sie in einer Kohlengrube und später

zur Wasserhebung aus einem Brunnen bis ca. 1915 arbeitete. Sie war also über 100 Jahre in Betrieb.

Brendel wurde 1811 nach Freiberg zurückgerufen. Die von ihm initiierten Arbeiten für einen zweiten Solefördererturm wurden durch Hartmann von Witzleben

weitergeführt, dessen Namen dieser auch trägt. Brendel veranlasste noch 1812 die Umsetzung einer gebrauchten Bückling-Dampfmaschine von Lauchhammer nach Dürrenberg. Mit ihrem großen Zylinder (d= 1 m) hatte sie einen hohen Kohlebedarf. Sie wurde deshalb nur eingesetzt, wenn die Saale Hochwasser führte und die pumpenantriebenden Wasserräder nicht betrieben werden konnten. Der Autor nimmt an, dass in Lauchhammer nach Brendels Modellen für den Eigenbedarf eine weitere solche Maschine hergestellt wurde.

Nach dem Wiener Kongress verlor Sachsen seine Salinen (Artern, Kösen und Dürrenberg) an Preußen. Brendel veranlasste daher in der Zeit von 1819 bis 1830 in der Nähe von Markranstädt Bohrungen nach Sole oder Salz. Die Arbeiten wurden anfangs von Glenck und später unter Regie von Obersteiger G. Backofen (Freiberg) ausgeführt. Vor Abschluss der leider erfolglosen Arbeiten schickte Brendel Obersteiger Backofen an seine frühere Wirkungsstätte Dürrenberg. Denn hier hatte der 17-jährige Carl Bischof eine weitere Dampfmaschine gebaut. Carl Bischof wurde später durch seine Leistungen in den Einsiedelschen Eisenwerken Lauchhammer (1. Gasgenerator 1851 Weltausstellung London) und in der Eisenhütte Mägdesprung (als maßgeblicher Mitbegründer des VDI 1856 in Alexisbad) bekannt. Sein Vater, Johann Andreas Bischof, war hier bis zu seinem Tode (1832) Salinendirektor. Carl Bischof wuchs in Dürrenberg sozusagen zwischen der Brendelschen und einer Bücklingdampfmaschine auf. Das inspirierte ihn, eine klei-

ne Dampfmaschine in ein Fahrgestell zu installieren. In einem Brief an Brendel vom 27. August 1830 aus Markranstädt (im Besitz des Autors Abb. 5 und 6) skizzierte G. Backofen den Dampfwagen von Carl Bischof.

### Der Nachbau der 1. sächs. Dampfmaschine als Funktionsmodell im Maßstab 1:1

Nachdem im Jahr 2000 durch den Heimatbund Bad Dürrenberg e.V. Modelle zur Salinengeschichte aus der Freiberger Sammlung ausgestellt wurden, entschloss man sich, die erste Brendelsche Dampfmaschine und damit die erste sächsische Dampfmaschine als Funktionsmodell im Maßstab 1:1 nachzubauen.



Abb. 7: Seitenansicht des Funktionsmodells

Wichtige Meilensteine beim Nachbau waren:

- Anfertigung eines Modells im Maßstab 1:10 durch den Autor (2003/7)
- Sanierung des Aufstellungsorts (Witzlebenturm) durch die Stadt Bad Dürrenberg (2012/3)
- Hauptaufbauphase (2014/7)
- Fertigstellung und Probetrieb (2018)

Besonderheiten der Brendelschen Maschine:

- Vermutlich erste Dampfmaschine auf dem europäischen Kontinent mit Getriebe
- Links- und Rechtslauf möglich
- Evanscher Lenker und Pendelstütze des Balanciers

### Literatur

Wagenbreth, Otfried: Christian Friedrich Brendel. Leben und Werk eines bedeutenden Ingenieurs der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Freiberg. 2006 (Freiberger Forschungsheft D221)

Wagenbreth, Otfried: Novalis und der Beginn der Braunkohlenerkundung im sächsisch-thüringischen Raum (Zum 200. Geburtstag des Dichters und Bergmanns). In: Zeitschrift für angewandte Geologie. 18 (1972), S. 367-376

Bericht von Novalis an Abraham Gottlob Werner vom 28.4.1800

# Zum 250. Geburtstag von Friederich Mohs – eine Spurensuche

Götz P. Rosetz

Mit der Idee einer Härteskala, beruhend auf der einfachen Methode des vergleichenden Ritzens von Mineralen, ist Mohs weltbekannt geworden. Noch heute ist vielen Menschen der Name Mohs durch diese Methode geläufig. Weniger bekannt sind seine Lebensstationen, die wissenschaftlichen Leistungen, man muss schon auf Spurensuche gehen, um Hinweise auf Mohs im öffentlichen Raum zu finden.

Geboren wurde Friederich Carl Christian Mohs (Bild 1) am 29.01.1773 als erstes von sechs Kindern des Kaufmanns August Mohs und seiner Ehefrau Elisabeth, einer Pfarrerstochter, in der kleinen Harzstadt Gernrode am Fuße des Ramberges. Bemerkenswert ist Gernrode durch die kulturhistorisch bedeutende Stiftskirche, in deren Taufregister er und seine Taufpaten am 04.02.1773 eingeschrieben wurden. Dieser kleine Ort besaß schon seit 1533 eine Elementarschule, und der kleine Friederich besuchte sie mit großem Erfolg zehn Jahre lang. Übrigens hat ein Verein dieses älteste profane Gebäude des Ortes 1998 vor dem Abriss gerettet und dort ein Schulmuseum eingerichtet. Mohs wird im Teil über die Stadtgeschichte als bedeutender Sohn der Stadt gewürdigt. Früh verstarb sein Vater (1788), und die Mutter führte das Geschäft weiter. Alle Bemühungen, den Sohn einzubinden, schlugen fehl. Er interessierte sich nur für die Natur und Mathematik, die er besonders liebte. Privat nahm er Mathematikunterricht. Offensichtlich war er ein sehr eigenwilliger Sohn, denn er beschloss mit 18 Jahren, die Familie zu verlassen, um allein im Wald, in der Natur, zu leben. Mit einem Gewehr, Angelrute und vielen Büchern zog er in ein Jagdhaus in der Nähe der Victorshöhe. Ab und zu brachte sein Onkel einen Sack Mehl und Salz vorbei und sah nach dem Rechten [1]. Inständiges bitten der Mutter bewogen Friederich, nach zwei Jahren wieder nach Hause zurückzukehren. Eine Übernahme des Geschäfts seines Vaters lehnte er aber wiederum ab und vervollkommnete lieber seine naturwissenschaftlichen und mathematischen Kenntnisse am Lateingymnasium in Quedlinburg sowie durch Privatunter-



Bild: TU Bergakademie Freiberg

Abb. 1: Mohs nach einer Lithographie von Kriehuber 1829 mit seiner Unterschrift aus dem Jahresbericht an das Oberbergamt Freiberg 1824

richt, bis er sich reif für ein Universitätsstudium fand [1]. Mohs verließ Gernrode im Herbst 1796 und begann ein zweijähriges Studium an der Universität in Halle. In Gernrode erinnert wenig an Mohs, vom Elternhaus und der Jagdhütte fehlt jede Spur. Erst 150 Jahre nach seinem Tod setzte die Stadt ihrem berühmten Sohn in der Nähe des Markts ein Denkmal: einen großen Granitfindling aus dem Rambergmassiv mit einer Gedenktafel (Bild 2).

Das Studium in Halle, vorwiegend Mathematik bei Prof. Klügel und Physik bzw. Chemie bei Prof. Gen, genügte Mohs nicht, und so schrieb er am 26.05.1798 ein Gesuch an das Oberbergamt in Freiberg um Zulassung zum Studium an der Churfürstlichen Berg-Akademie. Mohs war „Ausländer“, er kam aus dem Fürstentum Anhalt-Bernburg und bezahlte sein Studium privat. Unter der Matrikelnummer 503 wurde er im Herbst 1798 eingeschrieben. Vorlesungen hörte er bei den Professoren Lempe, Köhler, Lampadius und natürlich bei Werner. Vor allem wegen der Bergbau- und Mineralogie-Vorlesungen von Werner zog es ihn nach Freiberg. Nach seinem Studium in Freiberg trat er am 18.07.1801 als Berggeleve in den Dienst der Fürstlich Anhalt-Bernburgischen Bergwerksgesellschaft. Er wohnte in Neudorf, hatte sich aber um die Erz- und Steinkohlengruben in einem Umkreis von 40 km zu kümmern, alles zu Fuß

– eine auch körperlich anstrengende Arbeit. So kam ihm nach drei Monaten Bergbautätigkeit die Einladung seiner Studienfreunde Mitchel aus Irland und Jameson aus Schottland, nach Freiberg zu kommen und sich an der Vorbereitung zur Errichtung einer Bergakademie in Dublin nach Freiberger Muster zu beteiligen, sehr recht. Da er in Dublin die Bergbauvorlesungen übernehmen sollte, begann er im September 1801 in Freiberg Material über Werkzeuge, Skizzen für Einrichtungen und auch Modelle zu sammeln. Viele Grubenbefahrungen gehörten zu seinen Vorbereitungen. Im Jahre 1802 schrieb er in Freiberg ein 461 Seiten starkes Buch über die damals berühmteste Grube, Himmelsfürst bei Brand, als Lehrwerk für Dublin. Es wurde später auf Drängen von G. Mitchel veröffentlicht [2]. Aus politischen und auch aus wirtschaftlichen Gründen scheiterte das Projekt in Dublin. Mitchel vermittelte Mohs ersatzweise einen Auftrag in Wien: Dort sollte er das bedeutende Mineralienkabinett des Bankiers und Großkaufmanns Jakob Friedrich von der Nüll wissenschaftlich untersuchen und ordnen. Es war der Beginn seiner intensiven mineralogischen Beschäftigung. Als Frucht seiner fast zweijährigen Tätigkeit liegt ein dreiteiliges Buch mit 1772 Seiten vor [3]. Mohs blieb in Österreich und bereiste von Wien aus die verschiedensten Bergbaugebiete der k. k. Monarchie, arbeitete zwischen 1808 und 1809 in Bleiberg und bekam 1810 von der niederösterreichischen Regierung den Auftrag, Porzellanerde zu untersuchen und neue Lagerstätten zu finden. Er war erfolgreich und fand Porzellanerde in Böhmen (Karlsbad, Sedlitz, Elbogen). Durch seine umfangreichen montanistischen Reisen ist Mohs auch dem volksverbundenen Erzherzog Johann bekannt geworden [4]. Von ihm bekam er den Auftrag zu einer geognostischen Reise durch die Steiermark und anschließend zu einer Neuordnung der Mineralsammlung in Graz. Hier hat Mohs unter Beibehaltung der Benennung von Werner erstmals seine neu entwickelte Nomenklatur angewandt. Der Erzherzog war von der Arbeit, die Mohs geleistet hat, sehr angetan und



Abb. 2: Gedenkstein in Gernrode, Marktstraße

ernannte ihn zum Professor für Mineralogie am Joanneum. Im November 1812 begann Mohs mit seinen Vorlesungen. Seine Hörer waren hochrangige Persönlichkeiten, vorwiegend aus dem Montanbereich, aber auch viele Mineralfreunde. Die Zeit in Graz war prägend für seine weitere Entwicklung, nicht nur, weil er hier die Idee der Ritzhärteskala entwickelte, sondern weil er grundsätzlich die physikalische Seite der Minerale, vor allem die Kristallographie, stärker als Werner betonte. Seine Gedanken legte er in einer kleinen Broschüre dar, die 1812 erschien [5]. Es waren sehr fruchtbare Jahre in Graz, und

des Joanneums enthüllt. Spenden der Bergbeamten aus der ganzen Monarchie ermöglichen diese Ehrung. Das Denkmal hat Veränderungen erfahren, die Bronzestatue von Anton Dietrich - Mohs im Bergkittel darstellend - blieb aber erhalten und steht heute auf einer Steinsäule (Bild 3) im Leslielhof des Grazer Universalmuseums Joanneum. In der mineralogischen Abteilung des Museums wird an sein Wirken, besonders an die Entwicklung der Ritzhärte-Methode, erinnert. Mohs wohnte während seiner Zeit in Graz nach Angaben des Museums direkt unter dem Saal mit den Mineralen im Joanneum. Die Stadt Graz ehrte ihn mit der Benennung einer Gasse, und im Vorort Dörfla gibt es seit 1986 einen Friedrich-Mohs-Weg. Im Jahre 1817, nach dem Tod von Werner in Freiberg, unternahm Graf Breuner, ein bekannter Mineralsammler, mit Mohs eine große montanistische Rundreise, die über Sachsen (Freiberg) nach England und weiter nach Schottland führte. Dort in Edinburgh erhielt Mohs im Februar 1818 einen Brief vom Geheimen Finanzkollegium Dresden mit der Anfrage, ob er als Nachfolger von Abraham Gottlob Werner in den sächsischen Staatsdienst treten wolle. Erzherzog Johann stimmte dem Wechsel zu, und so begann Mohs im Oktober 1818 mit dem Lehrbetrieb an der Bergakademie in Freiberg [6]. Sein Grazer Schüler Wilhelm von Haidinger, ab 1849 erster Direktor der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien, folgte ihm als Adjunkt nach Freiberg. Mohs hatte als Nachfolger von Werner, wie er selbst feststellte, die höchste Stelle seiner wissenschaftlichen Laufbahn erreicht [7]. Mit großem Elan begann er, seinen Lehrverpflichtungen nachzukommen. Grundlage war die Wernersehe Oryctognosie (frühere Bezeichnung der Mineralogie), die er aber um eine physikalisch-mathematische Komponente, die Kristallographie, bereicherte. In einer kleinen Broschüre fasste er seine Gedanken für seine Hörer zusammen [8]. Seine Schüler, wie die späteren Freiberger Professoren Reich, Naumann, Plattner und Weisbach, waren von den Vorlesungen und der Art seines Vortrags begeistert [9]. Mit Juli-

us Weisbach war er bis zu seinem Tod freundschaftlich verbunden. Während seiner Freiberger Jahre gab es immer mal wieder Reibereien mit der Aufsichtsbehörde, dem Oberbergamt, und auch mit seinem Konkurrenten und späteren Nachfolger Breithaupt. Mohs lebte zurückgezogen, er wohnte mit seiner Schwester Charlotte Wilhelmine, die den Haushalt führte, und seinem Schüler Haidinger im 1. Stock des Unterhofs, heute Hotel Freyhof. Da er am gesellschaftlichen Leben kaum teilnahm, konnte er sich voll der Lehre und Forschung widmen. So ist in der Freiberger Zeit sein bedeutendstes mineralogisches Werk „Grund-Riß der Mineralogie“, 2 Bände mit insgesamt 1496



Abb. 4: Gedenktafel für Mohs am Werner-Bau der TU Bergakademie Freiberg

Seiten [10], entstanden. Das Werk erschien auch - in englischer Übersetzung von Haidinger - im Jahre 1825 in Edinburgh. Für seine Verdienste wurde Mohs 1825 Ritter des Königl. Sächs. Civil-Verdienst-Ordens. Weitere Ehrungen in dieser Zeit waren die Mitgliedschaft in der Bayrischen Akademie der Wissenschaften (1820), der Leopoldina (1822). Der Franzose Armand Lévy gab einem Mineral den Namen Mohs [11]. Nach seinem Weggang aus Freiberg geriet Mohs hier schnell in Vergessenheit, 40 Jahre lang beherrschte sein Nachfolger August Breithaupt die Mineralogie in Sachsen. In den Jubiläumsbänden der Bergakademie wird er als Nachfolger von Werner natürlich genannt, aber erst im 20. Jahrhundert erinnerte man in Freiberg an Mohs durch Veröffentlichungen: Schiffner nimmt ihn in seinen Biographien „Aus dem Leben alter Frei-



Abb. 3: Mohsdenkmal in Graz, Leslielhof des Joanneums, Büste von Anton Dietrich 1843

Mohs kam auch später gern nach Graz, um seinen Nachfolger Anker zu besuchen. In dieser Stadt wurde bereits vier Jahre nach seinem Tod ein großes Denkmal im damaligen Botanischen Garten



Abb. 5: Mohs-Wohnung in Freiberg, Mönchsstraße 1, Unterhof, heute Hotel Fryhof

berger Bergstudenten“ auf, der Kustos der Mineralogischen Sammlung Dr. Bernstein forschte 1958 zu seiner Biographie und dem Aufenthalt in Freiberg [12], und vor allem Prof. Rösler beschäftigte sich nach seiner Emeritierung intensiv mit dem Werdegang und dem Werk von Mohs. Er organisierte das wissenschaftliche Kolloquium anlässlich des 150. Todesstages von Mohs als Agricola-Kolloquium zum Berg- und Hüttentag 1987 und gab eine Mohs-Gedenkmedaille aus braunem Böttgersteinzeug heraus, hergestellt von der Porzellanmanufaktur Meißen. Den Rektor konnte er überzeugen, am Werner-Bau eine Gedenktafel für Mohs anzubringen. Die Tafel wurde pünktlich zum 150. Todesstag von Mohs am 29.09.1989 enthüllt (Abb. 4). Aus historischer Sicht wäre wohl das Hauptgebäude passender gewesen, denn dort im ersten Stock hielt Mohs seine Vorlesungen. In Freiberg erinnert seit einigen Jahren auch eine vom Fremdenverkehrsverein am Hotel Freyhof angebrachte Tafel zur Geschichte des Hauses, an den ehemaligen Wohnort von Mohs (Bild 5). Durch Vermittlung des Freiherrn von Stift erhielt Mohs im Jahre 1826 das Angebot einer Professur an der Universität Wien, verbunden mit der Oberaufsicht über das k. k. Hof-Mineralienkabinett [6]. Mohs nimmt die Berufung an, löst am 26.09.1826 in Freiberg seinen Haushalt auf [12] und zieht nach Wien. Seine Schwester Charlotte Wilhelmine folgt ihm auch dorthin, um den Haushalt zu führen. Sie verlässt ihn erst, als er im reifen Alter von 55 Jahren heiratet. Seine Frau Josephine hatte er bereits bei seinem ersten Winaufenthalt kennengelernt, sie ist die Schwester seines

Freundes Franz Fiala. Bis zum Beginn seiner Lehrtätigkeit an der Universität im Herbst 1828, also zwei Jahre nach seinem Amtsantritt, beschäftigte er sich mit der Reorganisation des k. k. Hofmineralienkabinetts in der Hofburg. Er regte an, die wertvolle Nüll-Sammlung zu kaufen, und entwickelte so die Hofsammlung zu einer der damals bedeutendsten Mineralsammlungen der Welt.

In den Räumen dieser Sammlung hielt Mohs am 03.01.1828 vor ausgewählten Persönlichkeiten seine erste Vorlesung in Wien, die mit großer Begeisterung aufgenommen wurde [13]. Der normale Lehrbetrieb begann dann im Oktober. Er unterschied sich deutlich von dem an der dirigistisch geführten Bergakademie, sicher genoss Mohs die größere universitäre Freiheit und freute sich auch über ungleich mehr Hörer. Eine Choleraepidemie 1831/32 in Wien legte das Leben in der Stadt lahm. Viele zogen aufs Land, so auch Mohs in den Wiener Wald nach Hüttendorf. Dort blieb er fast ein Jahr, war aber während dieser Zeit mehrere Monate bettlägerig krank, wie er in einem Brief an seinen Freiberger Freund Julius Weisbach schrieb [14]. Am Ende der Epidemie und nach seiner Genesung nahm Mohs den Lehrbetrieb wieder auf und gab zur Unterstützung seiner Vorlesung eine Broschüre [15] heraus. Im Jahre 1835 gab es eine einschneidende Veränderung: Die Benutzung des k. k. Hofmineralienkabinetts zu Lehrzwecken wurde ihm untersagt. Es ging ihm dann wie in Freiberg, wo er auf die Werner-Sammlung auch keinen Zugriff hatte. Der Präsident der k. k. Hofkammer, Fürst August Login von Lobkowitz, konnte aber Mohs als Lehrer und auch Kustos für eine neu einzurichtende Mineralsammlung gewinnen [16]. Er ernannte Mohs zum wirklichen Bergrat und unterstellte ihn der k. k. Hofkammer. Damit änderte sich auch seine Tätigkeit. In den Jahren 1835 bis 1837 reiste Mohs mit in Ausbildung befindlichen Bergbeamten durch ganz Österreich, Ungarn, Böhmen und auch nach Sachsen, natürlich auch nach Freiberg. Auf diesen Reisen

erwarb er Material für seine neue Sammlung. Über diese montanistischen Reisen verfasste Mohs ausführliche Berichte an die k. k. Hofkammer [17]. Es wird deutlich, dass sich Mohs nach seiner Berufung zum Bergrat vorwiegend mit geologischen und bergbaulichen Themen beschäftigte, wie seine Veröffentlichung aus dem Jahre 1838 mit dem Titel: „Anleitung zum Schürfen“ [18] zeigt. Obwohl sein Gesundheitszustand im Jahre 1838 sehr schlecht war, unternahm er ein Jahr später eine große geologische Reise nach Italien, seine besorgte Frau begleitete ihn. Ziel der Reise waren Untersuchungen an Vulkaniten, und die Exkursion sollte bis in den Appenin führen. Von Wien ging es aber zunächst nach München zum Mineralogen Prof. Ko-



Abb. 6: Sterbehaus von Mohs in Agordo (Italien), Piazza della Liberta, mit Gedenktafel für Federico Mohs

bell, dann nach Bozen und von dort ins Fassa-Tal nach Predazzo und bis Caprile [16]. Nach 100 km Fußmarsch war Mohs so erschöpft, dass die Exkursion abgebrochen werden musste. Dr. Fuchs, Leiter des Bergbaudistriktes Agordo, der ab Bozen die Führung übernahm, organisierte den Transport der Gruppe nach Agordo, einem Bergbauort mitten in den Dolomiten. Dort starb nach vierwöchiger ärztlicher Behandlung Friederich Mohs am 29.09.1839. Er wurde am 01.10. mit einem feierlichen bergmännischen Zeremoniell in einem ausgemauerten Grab außerhalb des katholischen Friedhofes – Mohs war Protestant – bestattet. In Agordo wurde zur Erinnerung an ihn am 01.10.1967 eine Gedenktafel am Sterbehaus angebracht (Bild 6). Die *Gruppo Agordino Mineralogico e Paleontologico*, Betreiber einer Mineralausstellung in Agordo, erinnert in der Ausstellung

lung auch an Mohs, und im Jahre 2004 gab man eine sehr schön gestaltete Broschüre über Mohs heraus [19].

Mohs hatte in ganz Österreich viele Verehrer, und so kam der Wunsch auf, die Gebeine nach Wien zu überführen. Eine Spendensammlung begann, sie wurde unterbrochen und 1865 mit Erfolg beendet [20]. Auf dem evangelischen Friedhof in Matzleindorf erhielt er eine Gruft mit einem monumentalen Denkmal. Auf einem Sockel mit der Inschrift: „Dem unvergänglichen Andenken an den tiefenwirken Begründer der naturhistorischen Methode der Mineralogie. Errichtet von seinen Verehrern 1866“ steht ein 3,20 m hoher Monolith aus Granit mit einem Bronzemedailion – Mohs im Profil zeigend – und darunter der Name mit den Geburts- und Sterbedaten. 22 Jahre später erfolgte eine weitere Umbettung in ein Ehrengrab



Abb. 7: Ehrengrab für Mohs auf dem Zentralfriedhof von Wien mit dem Grabdenkmal von 1866

auf dem Wiener Zentralfriedhof, das Denkmal wurde umgesetzt (Bild 7). Im Neuen Wiener Tageblatt vom 29.11.1888 wurde darüber berichtet. In Wien gibt es aber noch andere Spuren, die an Mohs erinnern, so seit 1865 ein Straßename, die Mohsgasse im 3. Bezirk, und an der Ecke Mohsgasse zur Hohlgasse wurde an einem schlichten Haus im Jahre 1967 eine von A. Kirchner geschaffene, originelle Gedenktafel angebracht (Bild 8). Natürlich findet man im von Semper geschaffenen prächtigen Naturhistorischen Museum von Wien, in der sehenswerten Mineralausstellung, auch Hinweise auf Mohs, z. B. in der Sondervitrine über Nüll. Wenn man eine Dachführung macht,



Abb. 8: Gedenktafel für Mohs in Wien am Eckhaus Mohsgasse/Hohlgasse von Kirchner 1967

sieht man unter den vielen Porträtköpfen berühmter Geowissenschaftler auch Mohs. Es ist für uns heute schwer vorstellbar, wie groß die Verehrung für ihn in Österreich war. Bilder von ihm nach Lithographien von Joseph Kriehuber, eine große Gipsbüste von Anton Dietrich und eine Bronzemedaille von Joseph Cesar [21] konnten im Lithographischen Institut noch lange nach seinem Tod erworben werden. Die k. k. Porzellanfabrik stellte eine kleine Büste (10,4 cm hoch) aus Biskuitporzellan her, ebenfalls nach einem Modell von Anton Dietrich. Heute sind diese Verehrungsgegenstände Geschichte, ab und zu erinnert man sich an Mohs. Das nächste Datum könnte der 29.01.2023 sein, der 250. Geburtstag.

Schlussbemerkung: Dem aufmerksamen Leser ist sicherlich die unterschiedliche Schreibweise des Vornamens aufgefallen. Mohs hat in allen Dokumenten mit Friederich unterschrieben, so wie es auch in der Taufurkunde und auf dem Grabdenkmal steht. Fast die gesamte Literatur nennt ihn aber Friedrich – von wenigen Autoren abgesehen.

#### Quellen

- 1 Seidel, G. und Rösler, H. J.: Auf den Spuren von Friedrich Mohs. Wissenschaftliches Kolloquium anlässlich des 150. Todestages von Mohs. Bergakademie Freiberg 1989, S. 61-70
- 2 Mohs, F.: Beschreibung des Gruben-Gebäudes des Himmelsfürst ohnweit Freyberg im sächsischen Erzgebürge, Freyberg 1802. Wien in der Camesianischen Buchhandlung 1804
- 3 Mohs, F.: Des Herrn Jac. Fried. Von der Nüll Mineralien Kabinett, nach einem, durchaus auf äußere Kennzeichen gegründeten Sys- tem geordnet, beschrieben und durch Hinzufügen vieler, dem gegenwärtigen Zustand der Mineralogie angemessener erläutender Anmerkungen und nötiger Berichtigungen als Handbuch der Oryctognosie brauchbar gemacht. 3 Teile. Auf Kosten des Besitzers und in Commission der Camesianischen Buchhandlung, Wien 1804
- 4 Krajicek, E.: Friederich Mohs, erster Professor der Mineralogie am Joanneum in Graz. Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum, Graz 1989, Heft 57, S. 9-14
- 5 Mohs, F.: Versuch einer Elementar-Methode zur naturhistorischen Bestimmung und Erkennung von Fossilien. Wien in der Camesianischen Buchhandlung 1812
- 6 Mathé, G.: Friederich Mohs in Freiberg. Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum, Graz 1989, Heft 57, S. 15-28
- 7 Rösler, H.J.: Friedrich Mohs – Leben und Wirken. Wissenschaftliches Kolloquium anlässlich des 150. Todestages von Mohs. Bergakademie Freiberg 1989, S. 5-30
- 8 Mohs, Friederich: Die Charaktere der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, oder die Charakteristik des naturhistorischen Mineral-System. Dresden 1820 in der Arnoldschen Buchhandlung, S. 138
- 9 Festschrift zum hundertjährigen Jubiläum der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg am 30. Juli 1866 bei CC Meinhold und Söhne, Dresden 1866
- 10 Mohs, Friederich: Grund-Riß der Mineralogie. Erster Teil: Terminologie, Systematik, Nomenklatur, Charakteristik. In der Arnoldschen Buchhandlung, Dresden 1822, S. 698; Zweiter Teil: Physiographie. In der Arnoldschen Buchhandlung, Dresden 1824, S. 798
- 11 Lévy, A.: Ueber den Mohsiten, eine neue Mineralspecies. Phil. Mag. and Ann. of Phil., 1826, S. 329-331
- 12 Bernstein, A.: Friedrich Mohs als Professor in Freiberg/Sa. (1818-1826). Karinthia Nr. 54, S. 187-196 und Nr. 55, S. 218-228; Klagenfurt 1966
- 13 Weiss, A.: Friederich Mohs in Wien. Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum, Graz 1989, Heft 57, S. 49-56
- 14 Akte Mohs, Fr. 1773-1839; angelegt von Dr. A. Bernstein und im Bestand der Mineralogischen Sammlung der TU Bergakademie
- 15 Mohs, Friederich: Leichtfaßliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches Verlag Carl Gerold, Wien 1832
- 16 Fuchs, W.; Haltemeyer, G.; Leydolt, F.; Rösler, G.: Friedrich Mohs und sein Wirken in wissenschaftlicher Hinsicht, ein biographischer Versuch. Wien 1843 bei Kaulfuss Wittwe, Prandel und Co.
- 17 Mohs, F.: Geognostische Reise durch einige Provinzen der k. k. Staaten im Jahre 1836. Carinthia II, 44. Sonderheft, Klagenfurt 1986, S. 88
- 18 Mohs, F.: Anleitung zum Schürfen. Wien 1836
- 19 Friedrich Mohs 1773-1839. Un Viaggio nelle Mineralogia d all' Accademia di Freiberg ad Agordo. Agordo, Santa Barbara 2004
- 20 Höernes, M. und von Köchel, L.: Das Mohs Grabdenkmal- Bericht über die Ausführung desselben an die Teilnehmer der Subscriptio- n. Wien 1866 bei Adolph Holzhausen
- 21 Renno, D.: Mohs- Medaillen. Freiberger Münzblätter Heft 3, 1994

# Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg

zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des Diplomstudienganges Mineralogie 2005

Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen

*Gewiss kann es reines, wahres, authentisches Gedenken an Geschichte kaum geben. Das Vergangene wird immer aus der Gegenwart betrachtet. Was man an der Geschichte wann und wie hervorhebt oder in den Hintergrund rückt, was man dementsprechend aus dem Geschehenen für die Gegenwart folgert, unterliegt immer Vorstellungen und Zielsetzungen, die im Heute wurzeln - nicht nur, aber besonders in der Politik.*

Velten Schäfer; \*1973; Journalist

*Methoden sind das revolutionärste Element der Wissenschaftsentwicklung.*

Samuel Mitja Rapoport;  
\*1912 † 2004; Biochemiker

## Einleitung

Anders als zur 200-Jahrfeier 1965 ist aus Anlass des 250jährigen Jubiläums der Bergakademie 2015 keine detaillierte Darstellung und Wertung ihrer wissenschaftlichen Leistungen über den gesamten Zeitraum der vorangegangenen 50 Jahre entstanden. Das mag in Anbetracht der umfangreichen publizistischen Vorbereitung und Begleitung der 250-Jahrfeier der TU Bergakademie zwar erstaunen, ist aber nach einem Blick auf die Art und Weise der üblichen Vergangenheitsbewältigung wohl kaum als Zufall zu betrachten.

Seinerzeit hatte THIERGÄRTNER (1965) in der Festschrift zu jenem Jubiläum eine Institutsgeschichte verfasst, die ausführlich auf das Potenzial und die Leistungen der Freiberger Mineralogie in Lehre und Forschung einging. WAGENBRETH publizierte 1994 eine Geschichte der Bergakademie, die inzwischen in der 3. Auflage erschienen ist (WAGENBRETH & POHL, KADEN, VOLKMER 2012). Sie besticht unter anderem durch ihren tabellarisch dargestellten Faktenreichtum zu Leben und Wirken führender Freiberger Wissenschaftler, die hochschulpolitische Periodisierung, umfangreiches Datenmaterial zur Studentenschaft und weitere Details. Für die einzelnen Wissenschaftsgebiete und die wissenschaftliche Entwicklung an sich steht in einer

derartigen Darstellung der Hochschulgeschichte nur sehr begrenzter Platz zur Verfügung, und so gelten der Mineralogie, Petrologie, Geochemie und Lagerstättenkunde in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts insgesamt nur wenige Textzeilen.

Die Mineralogie war gemeinsam mit der Bergbaukunde, dem Markscheidewesen und der Metallurgie eine der Gründungsdisziplinen der Bergakademie, die darüber hinaus mit Abraham Gottlob Werner einen, wenn nicht *den* Begründer dieser Wissenschaft in ihren Reihen hatte. Mit ihrer unentbehrlichen Rolle bei der Suche und Gewinnung von Rohstoffen und deren Charakterisierung gehört die Mineralogie seit 250 Jahren zu den Kernkompetenzen der Bergakademie, worauf auch deren heutige Selbsteinordnung als Ressourcenuniversität hinweist. Aus diesem Grunde halten es die Autoren für geboten, den Zeitraum seit der 200-Jahr-Feier detailliert als Beitrag zur Universitätsgeschichte aufzubereiten. Dafür spricht ebenso, dass in diesem halben Jahrhundert die Mineralogie auch in Freiberg in Lehre und Forschung auf eine Reihe neuer, aus gesellschaftlicher wie wissenschaftlich-technischer Entwicklung resultierender und zum Teil eng miteinander verknüpfter Herausforderungen zu reagieren hatte:

- Erforschung und Erschließung neuer Lagerstätten- und Rohstofftypen (z. B. „giant deposits“ mit extrem niedrigen Metallgehalten, marine Ressourcen, Nutzung industrieller Sekundärprodukte)
- Aufstieg einer Reihe seltener und Spurenelemente zu Schlüsselementen für völlig neue Technologien und Industriezweige (z. B. Germanium, Indium, Seltene Erden, Niob, Tantal, Lithium)
- Züchtung technischer Kristalle „nach Maß“ (z. B. für die Halbleiter- und Lasertechnik, die Sensorik, die optische Industrie)
- Herausbildung von Umweltgeochemie und Geoökologie als Grundlagen für den Schutz der den Men-

schen umgebenden Geosphären

- Erweiterung unserer Kenntnisse und Modelle zur stofflichen Entwicklung und zum Aufbau unseres Planeten (z. B. Globaltektonik, marine Geologie, Rolle des Erdmantels, extraterrestrische Minerale).

Die über <https://tu-freiberg.de/wirtschaft/stiften-foerdern/freunde-foerderer/publikationen> verfügbaren Publikations- und Quellenverzeichnisse geben Auskunft darüber, wie das Institut und seine Wissenschaftler in Lehre und Forschung sowohl den mehr oder weniger klassischen Aufgaben der Mineralogie als auch genau diesen Herausforderungen entsprochen haben. Die im nachfolgenden Text vorgenommene Periodisierung soll veranschaulichen, dass der betrachtete Zeitraum kein Kontinuum war, sondern die Entwicklung der Institution und ihrer insgesamt beachtlichen Leistungen stark von den jeweiligen gesellschaftlichen, politischen und hochschulpolitischen Bedingungen beeinflusst wurde.

Schließlich gehörte zu den Impulsen für die vorliegende Betrachtung auch der Fakt, dass von den Wissenschaftlern, die als Hochschullehrer, Assistenten oder Mitarbeiter einen großen Teil dieses Zeitabschnitts miterlebt und mitgestaltet haben, nur noch ein kleiner und stetig schwindender Kreis von Zeitzeugen zur Verfügung steht.

Erleichternd für unser Vorhaben war, dass die Verfasser bereits an dem Sammelband „Zur Geschichte der Geowissenschaften in der DDR - Teil II“ (GUNTAU, PÄLCHEN, STÖRR & HARTMANN 2011) mitgewirkt haben. Die dort zu einzelnen Teilgebieten publizierten Beiträge befassen sich allerdings nicht nur mit der Bergakademie Freiberg,

## Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Dieter Wolf  
Haduweg 60, 13125 Berlin; d-wolf@posteo.de,  
Prof. Dr. Bernd Voland  
Berthold-Delbrück-Str. 74, 07749 Jena;  
bernd@voland.de,  
Dr. Wolfgang Kramer  
Wernerstr. 4, 14109 Berlin  
Dr. Werner Pälchen  
Ahornweg 13, 09633 Halsbrücke;  
wer.paelchen@t-online.de

HANS JÜRGEN RÖSLER (*1920 †2009) 1959 Doz. für Mineralogie 1961 Prof. für Mineralogie; 1962 Prof. für Mineralogie und Petrographie 1969 Prof. für Geochemie und Mineralogie 1963-1968 Institutsdirektor 1968-1985 Leiter des WB Geochemie/Mineralogie	LUDWIG BAUMANN (*1929 †2008) 1965 Doz. für Erzlagerstättenlehre 1966 ao. Prof. für Erzlagerstättenlehre 1969-1990 Prof. für Lagerstättenlehre und Minerogenie 1968-1984 Leiter des WB Lagerstättenlehre und Ökonomische Geologie
RAINER STARKE (*1933 †2019) 1959 LA Mineralogie 1977 Doz. für Mineralogie	LUDWIG PFEIFFER (*1928 †2008) 1954 LA Petrographie 1977 ao. Prof. für Petrographie
HANS-JOACHIM BLANKENBURG (*1938) 1981 Doz. für Technische Mineralogie	WOLFGANG SCHMIDT (*1948 †2016) 1987 Doz. für Petrologie
BERND VOLAND (*1939) 1984 Doz. für Geochemie 1988 Prof. für Geochemie	DIETER WOLF (*1939) 1984 Honorarprof. für Mineralogie 1985 Prof. für Mineralogie 1985-1990 Leiter des WB Geochemie/Mineralogie
WERNER SCHRÖN (*1934) 1961-1988 LA Spektralanalyse	JOACHIM PILOT (*1928 †2020) 1963 LA Isotopengeochemie
CARL-DIETRICH WERNER (*1928 †2008) 1965 LA Geochemische Analytik	WERNER KLEMM (*1943) 1988 LA Spektralanalyse
Leitung der Sammlungen: 1965-1970 MARTIN GÜNTAU (*1933 †2019) 1970-1986 FRITZ HOFMANN (*1933 †2017) 1986-1990 WOLFGANG WEBER (*1942)	Kustos der Mineralogischen Sammlung: 1969-1993 FRITZ HOFMANN (*1933 †2017) Kustoden der Lagerstättensammlung: 1966-1974 GÜNTER WEINHOLD (*1937) 1974-1990 WOLFGANG WEBER (*1942)
E. PETER MÜLLER (*1934 † 2003) ~ 1969 LA Geochemie von Erdöl und Erdgas	GERHARD TISCENDORF (*1927 †2007) 1963 LA Spezielle Geochemie; Honorarprof. 1973 Honorarprof. für Minerogenie/Metallogenie
OTTO LEEDER (*1933 †2014) 1965 LA; 1982 ao. Doz. für Lagerstätten der Niederterze	KLAUS KOCH (*1937 †2014) 1971? LA Salzlagerstätten
WOLFGANG JUNG (*1930 †2010) 1985 Honorarprof. 1988 Honorarprof. für Mineralische Rohstoffe	

Abb. 1: Die im Zeitraum von 1965 bis 1990 am Institut bzw. in den Wissenschaftsbereichen tätigen Hochschullehrer (Professoren, Dozenten, außerplanmäßige Dozenten, Honorarprofessoren und -dozenten, Lehrbeauftragte) und Sammlungskustoden (Professorenstellen 1990 in stärkerem Rahmen; Externe in gestricheltem Rahmen). Quellen: Störr (2007); Wagenbreth & Pohl, Kaden, Volkmer (2012); Institutsakten.

sondern mit allen einschlägig lehrenden und forschenden Institutionen im Osten Deutschlands bzw. der DDR – und das lediglich für den Zeitraum von 1945 bis 1990. Außerdem sind die Konzepte und Strukturen dieser Beiträge verschieden – und auch die großen Datenmengen (Literaturverzeichnisse mit z. T. mehreren hundert Zitaten) stehen einer einfachen Aneinanderreihung entsprechender Ausschnitte zu einer Institutsgeschichte entgegen, belegen aber zugleich die gepflegte wissenschaftliche Vielfalt des Instituts.

Die für die Bergakademie Freiberg relevanten hochschulpolitischen Rahmenbedingungen wurden ausführlich von STÖRR (2007) für die ersten Jahrzehnte des betrachteten Zeitraums und von WAGENBRETH ET AL. (2012) über 1990 hinaus behandelt. Daher beschränken wir uns im Folgenden darauf, deren Auswirkungen auf das Institutsgeschehen möglichst konkret zu beschreiben.

## Teil 1 Von 1965 bis zur III. Hochschulreform 1968

In diesem Zeitraum wirkten die bis zur 200-Jahrfeier bestehenden hochschulpolitischen Rahmenbedingungen fort. Sie sollten sich erst 1968 mit der III. Hochschulre-

form drastisch verändern (Teil 2).

Die richtungweisende Rolle des früheren Institutsdirektors Friedrich Leutwein als Wissenschaftler und Wissenschaftsorganisator bis in diesen Zeitabschnitt hinein konnte erst nach 1990 umfassend gewürdigt werden. Er hat in der Entwicklung des Instituts in den folgenden Dezennien unübersehbare, nachhaltige Spuren hinterlassen. Die wohl Wichtigsten sind die Begründung einer geochemischen Schule, der damit verbundene Aufbau einer breiten Palette mineralogisch-geochemischer Laboratorien für Forschung und Lehre (Mikroskopie, Chemielabor, Spektralanalyse, Massenspektrometrie, Röntgendiffraktometrie) und die über die folgenden Jahrzehnte hinweg anhaltende Fokussierung des Instituts auf deren Modernisierung und Anpassung an die Erfordernisse der Entwicklung der mineralogischen Wissenschaften.

### 1.1 Struktur, Leitung, Lehrkörper, Mitarbeiter

Nach dem frühen Tode von Oscar Wilhelm Oelsner im Jahre 1963 übernahm Hans Jürgen Rösler als Inhaber des Lehrstuhls für Mineralogie und Petrographie das Direktorat des Instituts. 1966 wurde Ludwig Baumann zum ao. Professor für Lagerstättenleh-

re und im Jahr 1969 zum o. Professor berufen. Damit kehrte das Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre zu der Mitte der 1950er Jahre entstandenen Struktur mit zwei Lehrstühlen für Mineralogie beziehungsweise für Lagerstättenlehre zurück. Entwicklung und Zusammensetzung des Lehrkörpers von 1965 bis 1990 gibt Abb. 1. wieder.

Insgesamt umfasste die Institutsstruktur Mitte der 1960er Jahre mehr als 60 Personalstellen: 2 Professoren, 27 wissenschaftliche Assistenten und Mitarbeiter, 33 Laboranten, technische und Verwaltungsangestellte (Thiergärtner 1965).

Unter H. J. Röslers Leitung gelangte das Haus damals zu hohem nationalen und internationalen Ansehen, und Absolventen der Fachrichtung Mineralogie waren gefragte Spezialisten in der mineralgewinnenden und -verarbeitenden Industrie, in der geologischen Forschung sowie bei der Suche und Erkundung von Lagerstätten.

### 1.2 Lehre und Lehrmittel

Das Studium an der Bergakademie Freiberg war durch verbindliche Studienpläne straff organisiert und ermöglichte damit einen Abschluss nach fünf Jahren. Studienzeitverlängerungen

waren seltene Ausnahmen.

Mitte der 1960er Jahre erreichte der Studiengang Mineralogie eine außergewöhnliche Breite und Tiefe, die sich am besten durch den für das Studienjahr 1966/1967 gültigen Studienplan charakterisieren lassen (Tab. 1.1. im Tabellenanhang unter <https://tu-freiberg.de/wirtschaft/stiften-foerdern/freunde-foerderer/publikationen>). Das Studium bestand aus vier Semestern Grundstudium, das mit dem sogenannten Vordiplom abgeschlossen wurde. Dem folgten sechs Semester Hauptstudium. Das 9. Semester war nahezu und das 10. vollständig vorlesungsfrei – im Laufe beider wurde die Diplomarbeit angefertigt.

Die Gesamtzahl der Semesterwochenstunden (SWS) betrug im Grundstudium 160, im Hauptstudium 118 Stunden. Davon entfielen im Grundstudium knapp 20 % auf das gesellschaftswissenschaftliche Grundstudium (Geschichte der deutschen Arbeiterbewegung; Dialektischer und historischer Materialismus), den Fremdsprachenunterricht (Russisch und Englisch) und obligatorischen Sport. Bezogen auf das verbleibende Stundenvolumen galten in den ersten vier Semestern rund 30 % der mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundausbildung (Mathematik, Physik, Chemie), 10 % den Grundlagen von Geologie und Geophysik und 15 % den Grundlagen von Mineralogie, Geochemie, Petrologie und Lagerstättenlehre. Einen außergewöhnlich hohen Anteil von etwa 45 % nahmen Übungen und Praktika in chemischer Analytik, Mikroskopie, Röntgenmethoden und weiteren Fächern ein. Praxisnahe Ausbildung hatte einen hohen Stellenwert.

Im Hauptstudium sank der Anteil der gesellschaftswissenschaftlichen Lehrveranstaltungen (Politische Ökonomie; Wissenschaftlicher Sozialismus; Philosophie) auf 10 %. Der Anteil der praktischen Übungen blieb sehr hoch. Dazu kamen 5 % vertiefende mathematisch-physikalisch-chemische Lehrveranstaltungen, 11 % für Geologie/Geophysik, 19 % für Mineralogie/Geochemie/Petrologie, 15 % Lagerstättenlehre/Erkundung und 8 % techni-

sche Fächer.

Die Studenten hatten unter Anleitung drei verschiedene schriftliche Arbeiten anzufertigen:

- Literaturarbeit: Sie bestand in der Auswertung der Literatur zu einem vorgegebenen, mit der Forschungsarbeit im Institut im Zusammenhang stehenden Thema.
- Meldearbeit/Studienarbeit: Darin bearbeitete der Student im 4. Studienjahr mit Probenahme, Laboraktivität oder anderen praktischen Arbeiten ein kleines, in sich geschlossenes Thema und meldete sich damit für die Diplomarbeit an.
- Diplomarbeit: Für sie standen im Wesentlichen das 9. und 10. Semester zur Verfügung und sie war am Ende des Studiums zu verteidigen.

B. a) Zeitlicher Ablauf (Übersicht)			
I.	Studienjahr (WS + SS)	Freiberg u. Umgebung	
II.	" (SS)	Norddeutschland	12 Tage
II.	" (SS)	Harz und Harzvorland (Veranstalter: Geol. Institut)	4 Tage
III.	" (WS)	Meißner Massiv	2 Tage
III.	" (SS)	Thüringen-Exkursion	12 Tage
III.	" (SS)	Karrierungspraktikum	14 Tage
III.	" (SS)	Ostthüringen-Vogtland	3 Tage
III.	" (SS)	2 Kieflin-Gruben	je 1 Tag
III.	" (SS)	Lausitz-Exkursion	3 Tage
	Gruben:	Freiberg, Ehrenfriedersdorf, Altenberg	je 1 Tag
IV.	" (WS)	Grenzgut-Gebirge	2-3 Tage
IV.	" (SS)	Erzgebirge	3 Tage
IV.	" (SS)	Außenländer-Exkursion	2-4 Wochen
V.	" (SS)	Harz-Exkursionen	8-10 Tage

Abb. 2: Auszug aus der Exkursionsordnung des Instituts (1964)

Zu den planmäßigen Lehrveranstaltungen gehörten zahlreiche geologisch-mineralogische Exkursionen im Inland (Abb. 2). Bezogen auf Lagerstätten hatten die Studenten hier den großen Vorteil, dass im Erz-, Salz-, Braunkohle- und Steine & Erden-Bergbau viele Gruben in Betrieb und relativ unkompliziert zugänglich waren. So konnten die angehenden Mineralogen und Lagerstättenkundler unter und über Tage die Verhältnisse von Betriebsgeologie, Aufschluss- und Abbautechnologie bis zur Förderung und Weiterverarbeitung kennenlernen. Zusätzlich wurden im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen geowissenschaftliche Austauschexkursionen mit Studenten von Hochschulen in einigen osteuropäischen Ländern durchgeführt.

Betriebspraktika waren für die Studenten der Bergakademie seit jeher

wichtig und als einjähriges Vorpraktikum teilweise Voraussetzung für die Immatrikulation. An der Bergakademie oblagen seit den 1960er Jahren Organisation und Kontrolle der Praktika einem hochschulzentralen „Praktikumsamt“. Während des Studiengangs Mineralogie wurden sie anfangs auf mehrere Semesterferien verteilt in verschiedenen Industriezweigen absolviert (Erz- und Kali/Salzbergbau, Bohrbetriebe der Erdöl-Erdgas-Industrie, keramische Industrie). Ab Sommersemester 1965 wurde für das 4. Studienjahr ein mehrmonatiges Ingenieur-/ Betriebspraktikum eingeführt. Es war nach der Wiedereinführung der Fachrichtung Mineralogie im Jahre 1980 (siehe Teil 2 – ACAMONTA 2023) erneut obligatorischer Bestandteil des Studiengangs.

Studienablauf und Studienpläne zeigen, dass H. J. Rössler als für die Fachrichtung Mineralogie verantwortlicher Hochschullehrer mit großem Gespür für moderne Trends und Methoden, für disziplinäre Spezialisierungen und praxisnahe Erfordernisse die Inhalte des Mineralogiestudiums frühzeitig mit neuen Lehrgebieten bereicherte (z. B. Tonmineralogie, Isotopengeochemie, physikalische Altersbestimmung, Geochemie von Erdöl und Erdgas) und durch die Einrichtung

von Dozenturen oder die Erteilung von Lehraufträgen auch personell sicherstellte.

Die Zahl der jährlich immatrikulierten Mineralogie-Studenten schwankte im Zeitraum 1960 bis 1966 zwischen 10 und 16. Sie erreichte 1968 unmittelbar vor der Abschaffung des Studiengangs mit 25 ein Maximum. Die Gesamtzahl der Absolventen der Fachrichtung Mineralogie im Jahrzehnt 1961 – 1970 wird von WAGENBRETH ET AL. (2012) mit 75 angegeben. Damit war die Fachrichtung eine der zahlenmäßig kleinsten an der Bergakademie Freiberg. In den 1960er Jahren erhielten jedoch nicht nur die Studenten der Mineralogie, Geologie und Geophysik, sondern auch die Fachrichtungen Chemie, Bergbau, Markscheidekunde, Aufbereitung/Verfahrenstechnik und Silikattechnik eine mineralogische und/oder lagerstättenkundliche Grundausbildung,

so dass die Gesamthörerzahl für die Vorlesungen und Übungen am Institut jährlich ungefähr 1.000 betrug.

In den 1960er Jahren herrschte immer noch ein spürbarer Mangel an Lehrmaterial. Es gab zwar im europäischen Rahmen moderne Lehrbücher zu den meisten geowissenschaftlichen Themengebieten, aber die strenge Devisenbewirtschaftung der DDR machte ihren privaten Erwerb unmöglich. Um dem zu begegnen, wurde das Angebot von Lehrbriefen der 1950 gegründeten Hauptabteilung Fernstudium ausgebaut. Ursprünglich für das Fernstudium an der Bergakademie Freiberg konzipiert, eigneten sie sich mit ihrer thematisch angelegten, komprimierten Darstellung von Fachgebieten natürlich genauso gut für das Direktstudium. Im Betrachtungszeitraum erschienen die letzten Lehrbriefe der Reihen „Spezielle Mineralogie“ von RÖSLER, KRAMER ET AL. sowie „Erzlagerstätten“ von OELSNER ET AL., ferner „Einführung in die Tonmineralogie“ von RÖSLER & STARKE, „Einführung in die Polarisationsmikroskopie“ von RÖSLER & PFEIFFER, „Salzmikroskopie“ von RÖSLER & KOCH, „Lagerstätten der Steine und Erden“ von RÖSLER & BLANKENBURG und „Angewandte Petrographie“ von RÖSLER & LANGE. Die über die Lehrbriefe hinaus intensive Beteiligung des Instituts für Mineralogie und Lagerstättenlehre an den Fernstudiums- und Weiterbildungsprogrammen der Bergakademie ist ausführlich in LEEDER & BLANKENBURG (2011) beschrieben.

Bereits 1965 hatten RÖSLER & LANGE die „Geochemischen Tabellen“ publiziert. Obwohl als Tabellenwerk deklariert, erfüllten sie zugleich Lehrbuchfunktion, und sie waren im deutschsprachigen Raum konkurrenzlos. 1972 brachte Elsevier die englische Übersetzung heraus, 1976 erschien die 2. deutsche Auflage.

### 1.3 Die Laboratorien

Als Voraussetzung sowohl für eine praxisnahe Ausbildung als auch für nahezu alle Forschungsaktivitäten galt wie bei F. Leutwein so auch bei H. J. Rösler die experimentelle und analytische Basis in den Laboratorien des Instituts. Dabei konnte sich die Institutsleitung auf Rainer Starke (Röntgenphasenanalytik), Joachim Pilot (Isotopengeochemie), Carl-Dietrich Werner (Chemisches Labor), Werner

Schrön (Spektralanalyse), Werner Klemm (Chemisches Labor ab 1974, nach Zusammenlegung mit dem Spektrallabor 1988 Geochemisches Labor) als Laborleiter stützen. Sie standen über Jahrzehnte hinweg für diese unentbehrliche Grundlage von Forschung und moderner Lehre ein.

**Röntgenphasenanalytik.** Die gerätetechnische Entwicklung und die Forschungsschwerpunkte dieses Laborbereichs vom Beginn bis in die Gegenwart hat KLEEBERG (2013) beschrieben. Nachdem bereits unter LEUTWEIN ein Zählrohrgoniometer angeschafft worden war, wurde das seitdem von STARKE geleitete Labor in den 1960er Jahren durch die Installation eines Diffraktometers vom Typ HZG1 erweitert. Neben den Anwendungen für die Mineralidentifizierung traten zunehmend methodische Untersuchungen für die quantitative Phasenanalyse von Tonen und Tongesteinen in den Mittelpunkt der Laborarbeit. Auch im Rahmen der „Arbeitsgruppe Tonminerale und Phasenanalyse“ der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften, an deren Gründung und Leitung R. Starke seit 1965 federführend beteiligt war, wurden dafür richtungweisende methodische Beiträge geleistet, wie z. B. die Herstellung von Referenzproben, die Organisation von Ringversuchen zu deren Charakterisierung, Empfehlungen zur Probenpräparation sowie zu Mess- und Auswerteverfahren. Neben der geologischen Grundlagenforschung ergaben sich viele der Arbeiten des Labors aus Aufträgen der Erdöl-Erdgas-Erkundung sowie der Standsicherheitsbeurteilung von Braunkohlenbegleitschichten. In letzterem Zusammenhang ist die über Jahrzehnte anhaltende intensive Zusammenarbeit mit Hans-Joachim Bellmann bemerkenswert.

**Isotopengeochemie.** Die Grundlagen für die Entwicklung der Isotopengeochemie am Institut waren bereits durch F. Leutwein geschaffen worden. Im Jahr 1959 konnte unter Umgehung der damals wirksamen Embargo-Bestimmungen das erste Massenspektrometer Atlas MAT CH3 installiert werden. Es war die Basis für die Gründung des Isotopengeochemischen Labors, das mehr als 30 Jahre lang von J. Pilot geleitet wurde. Nach einem werksseitigen Umbau des CH3 und dem aufwändigen Aufbau der entsprechenden Prä-

parationsapparaturen waren ab 1961 Messungen der Gase  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  sowie K-Ar-Datierungen möglich. Zwei Jahre später folgten nach dem Aufbau einer Reduktionsapparatur die Isotopenbestimmung von Sauerstoff an Oxiden sowie von Sauerstoff und Kohlenstoff in Karbonaten durch Dieter Harzer sowie der Aufbau der Sauerstoffisotopenbestimmung an Wässern. Das 1967 angeschaffte Kleinmassenspektrometer MAT GD 150 diente außer der K-Ar-Altersbestimmung von Mineralen und Gesteinen später auch den He-Gehalts- und Ne- und Ar-Isotopenanalysen im Rahmen von Erdöl-Erdgas-Forschungsprojekten. Die konzeptionelle und strategische Arbeit auf diesem Gebiet wie auch deren experimentelle Realisierung lagen in den Händen von Pilot. In seiner Habilitationsschrift „Isotopengeochemie: Situation, Konzeptionen, Entwicklung, Möglichkeiten“ formulierte er bereits 1969 langfristig Aufgaben und Ziele dieses Wissenschaftsgebiets.

**Chemisches Labor.** Es wurde von 1965 bis 1974 zunächst von C.-D. Werner und anschließend von W. Klemm geleitet. Das Labor verfügte damals neben den klassischen nasschemischen Methoden zur Hauptkomponentenanalyse und entsprechenden Aufschlussverfahren lediglich über ein Flammenphotometer. Parallel dazu wurde eine von Lothar Rost am Quantometer „Spectrolecteur“ entwickelte Methode zur lösungsspektralanalytischen Bestimmung von Gesteinshauptkomponenten eingesetzt (Rost 1965).

**Spektralanalyse.** Ihre gerätetechnische Basis wurde bereits in den 1950er Jahren gelegt. Im Laufe der 1960er Jahre entstand daraus unter W. Schröen ein leistungsfähiges Labor, das die umfangreichen und anspruchsvollen Anforderungen der Spurenelementanalytik für zahlreiche geochemische, mineralogische und lagerstättenkundliche Forschungsprojekte erfüllte.

Neben den genannten analytischen Kernkompetenzen gehörten gut ausgestattete und teilweise durch Eigenbau entstandene Bereiche wie Schleiflabor, Probenaufbereitung sowie Forschungs- und Kursmikroskope für Durch- und Auflicht zum Gerätelpark. Das machte das Institut damals nicht nur zu einer nahezu autonomen Forschungseinrichtung, sondern auch zu einem angesehenen Kooperations-

partner im Inland und in östlichen Nachbarländern. Begünstigt wurde die Entwicklung der Laboratorien und ihre Leistungsfähigkeit durch eine großzügige Personalausstattung – in den besten Zeiten mehr als 10 wissenschaftliche Mitarbeiter und Ingenieure sowie ebenso viele Laborkräfte. Weiterhin bestand eine institutseigene Werkstatt, die neben Instandhaltung und Reparaturen auch die Konstruktion, Fertigung oder Anpassung von Geräten ermöglichte. Wiewohl oft wenig beachtet, leisteten die technischen Angestellten eine hervorragende Arbeit. Insbesondere wegen des häufigen Materialmangels waren sie häufig zu Improvisationen genötigt, deren Ergebnis interessante Neuerungen waren. Das Fehlen wichtiger Arbeitsmittel belebte insgesamt den Erfindergeist im Institut. So wurde zum Beispiel H. J. Rösler's Vorstellung realisiert, dass in vielen Fällen für die Probenaufbereitung anstelle importierter Achatreibschalen selbstgefertigte Schalen aus Rügener Feuerstein verwendet wurden.

### 1.4 Forschung

Die Forschungsaktivitäten des Instituts für Mineralogie und Lagerstättenlehre wurden im Rahmen der Arbeiten von KRAMER & PÄLCHEN (2011), LEEDER & STÖRR (2011), THIERGÄRTNER (2011), VOLAND (2011) sowie WOLF & THIEKE (2011) ausführlich dargestellt und durch umfangreiche Bibliografien belegt. Sie werden daher im Folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit und nur mit Zitierung ausgewählter Quellen stark zusammengefasst.

Wichtige und die Lehrstühle und Laboratorien verbindende Forschungsthemen dieser Periode waren die Genese, Altersstellung und Typisierung der Lagerstätten des Erzgebirges, des Harzes und Thüringens. Für diese im weitestgehenden Sinn paragenetischen Untersuchungen wurden zunehmend moderne Methoden wie die Spuren-element- und Isotopenanalyse einzelner Minerale, die K/Ar-Datierung und erste Schritte der Einschlussumtersuchung erschlossen und eingesetzt.

**Mineralogie.** Neben den zuvor genannten Schwerpunkten ist hier auf die Arbeiten zur Charakterisierung von Tonen und Tonmineralen als Rohstoffe und geotechnisches Material sowie zur Erforschung ihrer Bildungsbedingungen hinzuweisen. Dem letzt-

genannten Thema galten auch die in den späten 1960er Jahren begonnenen experimentellen Untersuchungen von hydrothermalen Tonmineralbildung und -umbildungsprozessen.

**Geochemie.** Dieses Fachgebiet war fast immer ein bestimmender Bestandteil der am Institut laufenden Forschungen an Magmatiten, Sedimentiten, Erz- und Salzlagerstätten sowie Kohlen, Erdöl und Erdgas. Neben ihrem Einsatz zur Charakterisierung von Lagerstätten, Mineralisationen und Gesteinen spielten im betrachteten Zeitraum zahlreiche, vor allem methodisch orientierte Untersuchungen zur geochemischen Prospektion eine große Rolle.

In diese Jahre fallen außerdem die umfassenden Arbeiten zur Geochemie des Germaniums und des Indiums von SCHRÖN (1967) bzw. VOLAND (1967). Sie bildeten eine langjährige Arbeitsrichtung, die mit der Untersuchung des Verhaltens einzelner Elemente im geologischen Kreislauf für die Entwicklung der Geochemie als prozessorientierter Wissenschaft bis heute außerordentlich bedeutsam geblieben ist. Für die Erforschung der genannten Elemente spielten darüber hinaus Rohstoffinteressen der sich entwickelnden Halbleiterindustrie am Standort Freiberg eine große Rolle.

Ab 1964 war Klaus Koch für den Abschluss von Forschungsarbeiten für die Kaliindustrie, zur Thematik der Gangbasalte sowie der Geochemie von Lösungszuflüssen im Kalibergbau verantwortlich und etablierte damit die Salzlagerstättenforschung und -lehre als Arbeitsrichtung, die bis 1990 am Institut fortbestand (Jochen Vogel, Thomas Scharbrodt, Thomas Wenzel, Silvio Zeibig).

**Mathematische Geologie.** In den 1960er Jahren erzeugte das starke Anwachsen von Informationsströmen weltweit die Notwendigkeit, quantitative und damit mathematische Verfahren sowohl zur Beherrschung der großen Datenmengen als auch zur Erkennung bislang nicht berechenbarer Zusammenhänge anzuwenden. Nachdem O. W. Oelsner bereits 1961 eine Studienarbeit zur Anwendung der mathematischen Statistik veranlasst hatte, regte H. J. Rösler zwei Jahre später die intensive Erschließung vor allem mathematisch-statistischer Modelle für die Bearbeitung geochemischer Da-

ten an. Hannes Thiergärtner hat diese bislang ungewohnte und noch nicht gelehrt Materie auch für andere brauchbar aufbereitet. O. W. Oelsner und H. J. Rösler hatten erneut den Zug der Zeit richtig erkannt und mit der Vergabe dieses Promotionsthemas eine nachhaltige Entwicklung angestoßen.

**Petrologie.** Während der späten 1960er Jahre wurden in größerem Umfang basische Magmatite bearbeitet (KRAMER & PÄLCHEN 2011). Das Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre beteiligte sich an den 1967 mit hoher Intensität begonnenen Projekten des Zentralen Geologischen Instituts Berlin (ZGI) zur metallogenetischen Bewertung des Südteils der DDR zunächst mit geochemisch-petrologischen Bearbeitungen der granitischen Formationen des Osterzgebirges. Es stellte aus den Reihen seiner Absolventen und Doktoranden bereits damals und in der Folgezeit den größten Teil der am ZGI Berlin und in der geologischen Industrie mit diesen Projekten befassten Wissenschaftler.

**Lagerstättenlehre.** An diesem Lehrstuhl wandte sich die Forschung in Erweiterung der bereits oben skizzierten Thematik der varistischen-postvaristischen Lagerstätten zunehmend den Fluorit-Baryt-Lagerstätten zu. Einen wesentlichen Impuls für diese Orientierung gab 1966 der Wechsel von Otto Leeder nach Freiberg: Lange bevor mit der Neutronenaktivierungsanalytik leistungsfähigere Verfahren für die Bestimmung der Seltenen Erden verfügbar wurden, eröffneten seine noch in Halle (Saale) durchgeführten Arbeiten zur Geochemie der Seltenen Erden (REE) in Fluoriten und Calciten die intensive mineral-chemisch-paragenetische Erforschung des Fluorits. Darüber hinaus schuf O. Leeder in Freiberg die experimentellen Grundlagen für thermobarometrische Untersuchungen von Gas-Flüssigkeiteinschlüssen, und bereits 1969 lagen mit der Diplomarbeit von Rainer Thomas erste Ergebnisse dazu vor.

**Publikationsstätigkeit.** Unter den damaligen politischen Verhältnissen und den oft irrationalen Geheimhaltungsvorschriften der die Forschung finanziierenden Auftraggeber war das Publizieren von Forschungsergebnissen nur eingeschränkt und meist nur in Verlagen und Zeitschriften der DDR in deutscher Sprache möglich. Als füh-

render Verlag auf geowissenschaftlichem Gebiet war der VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie in Leipzig dazu prädestiniert, wo auch die Reihe C (Geowissenschaften) der „Freiberger Forschungshefte“ erschien. Einzelaufsätze wurden vornehmlich in den Zeitschriften „Bergakademie“ (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig), „Geologie“ (Akademieverlag Berlin), „Zeitschrift für Angewandte Geologie“ (Akademieverlag Berlin) und „Berichte der Geologischen Gesellschaft in der DDR“ (Akademieverlag Berlin) veröffentlicht.

## 1.5 Die Sammlungen

Die Sammlungen waren zu allen Zeiten als Lehrmittelfundus und als Archiv für die Forschung außerordentlich wichtig und bis 1968 auch organisatorisch Bestandteil des Instituts. Sie umfassten seit den 1960er Jahren die Mineralogische, die Lagerstätten- und die Petrographische Sammlung. Ihr Kustos war von 1965 bis 1970 Martin Guntau. Für die wissenschaftliche Betreuung der Teilsammlungen waren die jeweiligen Hochschullehrer zuständig. Zur damaligen Zeit waren die Sammlungen jederzeit nicht nur für die Studenten, sondern als Schausammlungen auch für die Öffentlichkeit zugänglich, und sie wurden gut besucht. Nichtfachleute erfreuten sich vor allem an der Mineralogischen Sammlung und der mit ihr verbundenen Edelsteinsammlung. Beide Sammlungsteile sind schon in Vorbereitung auf die 200-Jahrfeier der Bergakademie Freiberg im Jahr 1965 aktualisiert worden, indem die Etikettierung aus dem Jahre 1916 mit ihren veralteten geographischen Angaben durch aktuelle Fundortangaben ersetzt wurde. Angeregt durch das Abraham-Gottlob-Werner-Gedenken im Jahr 1967 gelang es auch, bis dahin teilweise weit verstreute Sammlungsteile im Abraham Gottlob Werner-Bau in der Brennhausgasse 14 zusammenzuführen.

Seit Mitte der 1960er Jahre wurde intensiv an der Erweiterung aller Sammlungen gearbeitet. Der Ankauf neuer Stufen war infolge Devisenmangels auf die DDR beschränkt, so dass dem Tausch mit Museen, Sammlungen und Privatsammlern im In- und Ausland große Bedeutung zukam. Um die Ergänzung durch bislang fehlende und neu entdeckte Mineralarten zu be-

fördern, wurden auf Initiative von H. J. Rösler Suchlisten erarbeitet und verschickt. Das war wichtig, um ständig dem Charakter als mineralsystematische Sammlung gerecht zu werden. Insgesamt wuchs der Bestand der Mineralogischen Sammlung von 54.000 Stufen im Jahr 1965 auf über 70.000 im Jahr 1970 und bis 1990 dann auf 74.000 an.

Die dem Lehrstuhl von L. Baumann zugeordnete Lagerstättensammlung hatte seit 1966 mit Günter Weinhold einen eigenen wissenschaftlichen Betreuer. Auch sie vergrößerte sich in diesem Zeitabschnitt beträchtlich, vor allem durch die Übernahme von Proben ehemaliger Revier- und Grubensammlungen des Erzgebirges. Sie enthielt 1970 etwa 60.000 Belege aus 2.500 Vorkommen weltweit. Das Material der Petrografischen Sammlung war bis 1958 Bestandteil der Lagerstättensammlung und erhielt erst nach dem Auszug des Geologischen Instituts aus der Brennhausgasse 14 und mit der Entwicklung der Petrologie zu einem eigenen Lehr- und Forschungsgebiet seinen heutigen Standort mit Ausstellung.

Zur Vervollständigung der Sammlungen waren nicht nur die Mitarbeiter des Instituts verpflichtet, sondern auch die Studenten der Fachrichtung Mineralogie: Von ihnen auf Exkursionen entnommene Proben wurden, sofern sie den hohen Ansprüchen der Sammlungen entsprachen, in deren Bestand eingearbeitet.

Einen Sonderfall stellte die Übernahme der Zentralsammlung der SDAG Wismut im Jahr 1967 dar. Nach der schwierigen Klärung der Bedingungen, unter denen die Sammlung der sowjetisch-deutschen Uranbergbaugesellschaft in alleinige deutsche Verantwortung übergeben werden konnte und nach Lösung technischer Probleme wegen der Unterbringung des zum Teil radioaktiven Materials, fand sie einen separaten Standort im sogenannten Rektorenhaus, dem denkmalgeschützten Gebäude Am Dom 2. Zum Gelingen dieses politisch komplizierten Transfers trugen die guten Beziehungen von Kustos Guntau zum stellvertretenden deutschen Chefgeologen der SDAG Wismut Karl Feirer bei, der die vorgesehene Überführung der Sammlung in die damalige UdSSR verhindern konnte.

## 1.6 Internationale Aktivitäten und Tagungen

Die stark ausgeprägten Einschränkungen ihrer Internationalität sind - zusammen mit den Schwierigkeiten bei der Beschaffung modernster technischer Ausrüstung - die wohl schwerwiegenderen Defizite für die Wissenschaftsentwicklung in der DDR gewesen. Erwägungen darüber, welche ursächlichen Anteile daran die allgemeinen politischen und ökonomischen Bedingungen des Kalten Krieges, systemimmanentes Misstrauen, Abgrenzungsbemühungen, Alleinvertretungsansprüche, Embargobestimmungen etc. hatten, sollen hier nicht angestellt werden, zumal viele der entsprechenden Entscheidungen intransparent hinter den Kulissen der Macht fielen. So mussten sich die internationalen Kontakte - von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen - auf die ost-europäischen Länder und die seinerzeitige UdSSR beschränken. Zu den Ausnahmen gehörten beispielsweise die „Berg- und Hüttenmännischen Tage“ der Bergakademie Freiberg als internationale fachübergreifende montanwissenschaftliche Tagungen. Sie sollten dazu dienen, das internationale Renommee der DDR in diesem Fachbereich zu festigen, und insofern wurden ausländische Wissenschaftler aus vielen Ländern der Erde gern begrüßt. Andersherum war es jedoch kaum einem Institutsangehörigen möglich, an die Wirkungsstätten dieser Wissenschaftler zu gelangen und einen wissenschaftlichen Meinungs- und Erfahrungsaustausch zu pflegen. Ausnahmen wurden am ehesten noch den Lehrstuhlinhabern eingeräumt. So weist H. J. Rösler in seinen akribischen autobiographischen Aufzeichnungen beispielsweise für den Zeitraum 1965 bis 1969 insgesamt 13 Tagungs- und Studienreisen ins Ausland aus, davon 4 in „westliche“ (also nicht osteuropäische) Länder und keine in die BRD. Von den 24 Reisen in der vorangegangenen Dekade führten ihn immerhin noch 6 in die BRD und ein weiteres Viertel in andere Länder des „NSW“ (Nichtsozialistisches Wirtschaftsgebiet).

Weniger namhafte wissenschaftliche Mitarbeiter konnten durch die seit Anfang der 1960er Jahre intensivierten Hochschulbeziehungen vor allem in die damalige Tschechoslowakei,

nach Polen und Bulgarien gelangen, um an Fachtagungen teilzunehmen oder studentische Austauschekursionen zu führen. Reisen in andere Länder blieben eine seltene Ausnahme. Selbst die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Partnereinrichtungen in der ehemaligen UdSSR war Einschränkungen unterworfen: So war zentral festgelegt worden, dass Universitäten nur mit Universitäten, aber nicht mit Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR kooperieren durften. Damit war der Zugang zu den in der UdSSR führenden und auch international renommierten russischen Forschungsinstituten und -laboratorien weitgehend versperrt.

Der für ihn typischen Strategie folgend, bemühte sich H. J. Rösler um Kompensation für die eingeschränkten Möglichkeiten internationaler Kommunikation und Kooperation. Das von ihm geleitete Institut war Veranstalter oder Mitorganisator einer großen Zahl von Tagungen, Konferenzen und Symposien. Bei Beschränkung auf internationale Veranstaltungen sind für die 1960er Jahre in erster Linie das Breithaupt-Kolloquium 1966 und das Werner-Kolloquium 1967 zu nennen. Beide gingen aus H. J. Röslers Bestreben hervor, die reichen Traditionen der Freiberger Mineralogie wissenschaftsgeschichtlich aufzuarbeiten und daraus Impulse für die Gegenwart abzuleiten. Letzteres gelang in besonderem Maße durch das Breithaupt-Kolloquium: Die mit ihm unternommene Modernisierung des Konzepts der Paragenese und dessen Ausdehnung vom Mineral auf Elemente, Isotope, Einschlüsse, technische Minerale etc. hat zukünftige Forschungsstrategien stark beeinflusst. Die International Association on the Genesis of Ore Deposits (IAGOD) übernahm mit der Gründung ihrer Paragenetic Commission 1967 dieses Anliegen. Von 1969 bis 1989 gab L. Baumann in ihrem Auftrag die Reihe „Probleme der Paragenese“ der Freiberger Forschungshefte als alljährlichen „Topical Report of IAGOD“ heraus.

Auch die in Freiberg durchgeführten internationalen Veranstaltungen sind Objekt staatlicher Reglementierung gewesen: So mussten beispielsweise die Listen der aus dem Ausland Einzuladenden vorab eingereicht, ministeriell genehmigt und vorher je nach

Herkunft festgelegte Teilnehmerquoten (sozialistische Länder, NSW, insbesondere BRD) eingehalten werden.

Für den Erfahrungs- und Gedankenaustausch erlangten unter diesen Bedingungen logischerweise die Aktivitäten der Geologischen Gesellschaft der DDR, ihres Fachverbands Mineralogie sowie ihrer thematischen Arbeitskreise besondere Bedeutung. H. J. Rösler - von 1960 bis 1964 bereits Gründungsmitglied und Leiter des Fachverbands - war von 1966 bis 1968 Vorsitzender der Gesellschaft. 1964 wurde unter Federführung von R. Starke der Arbeitskreis „Tonminerale und Phasenanalyse“ gegründet. In dessen Rahmen fanden jährlich mehrere Treffen zum wissenschaftlichen Austausch zwischen den zahlreichen, an verschiedenen Institutionen der DDR mit der Ton- und Tonmineralogieforschung befassten Wissenschaftlern statt. Im Zentrum standen dabei phasenanalytische Methoden und die Herstellung von Referenzproben von Kaolinen und Tonen durch Ringversuche (STÖRR & SCHWERDTNER 2007).

Der Arbeitskreis „Mathematische Geologie“ der Geologischen Gesellschaft in der DDR trug unter aktiver Mitwirkung von H. Thiergärtner durch jährlich mehrere Kolloquien maßgeblich zur Einführung und Anwendung mathematischer, computergestützter Verfahren in die Arbeit der Geologen und Mineralogen bei.

Eine Ausnahmestellung nahm der 23. Internationale Geologische Kongress ein, der im August 1968 in Prag stattfand. Die DDR war durch einige Vor- und Nachexkursionen in das sächsische Erzgebirge, den Harz und Thüringen in gewisser Weise Mitveranstalter, so dass trotz der offiziellen Ablehnung des „Prager Frühlings“ durch die politisch Verantwortlichen einer begrenzten Anzahl von Geowissenschaftlern der DDR die Teilnahme erlaubt wurde. Mehrere Mitarbeiter des Instituts für Mineralogie und Lagerstättenlehre hatten an den Exkursionsvorbereitungen mitgewirkt und waren an der Führung der Vorexkursionen maßgeblich beteiligt. Der Kongress wurde infolge der Militärintervention des Warschauer Pakts nach nur zwei Tagen abgebrochen, und die Nachexkursionen konnten nicht mehr stattfinden.

Ein in jener Zeit wohl besonderer

Fall internationaler Aktivität war die Zusammenarbeit der Bergakademie Freiberg mit der Universidad Autónoma „Tomás Frías“ in Potosí/Bolivien. Auf der Basis einer Hochschulvereinbarung entsandte die Bergakademie Gastdozenten für die Fachgebiete Bergbau, Aufbereitung und Mineralogie/Geochemie/Lagerstätten für jeweils zwei Jahre nach Potosí. Ihnen oblag dort neben der Lehrtätigkeit vor allem der Aufbau von Laboratorien für Lehre und Forschung. Aus dem Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre waren an diesem Programm von 1964 bis 1966 Manfred Wolf, von 1966 bis 1969 Dieter Wolf und von 1969 bis 1971 Bernd Voland beteiligt. Parallel dazu kamen von der bolivianischen Seite Studenten zum Voll- oder Teilstudium vorzugsweise an die Bergakademie, gelegentlich aber auch an andere Hochschulen der DDR. Einige von ihnen schlossen an das Studium die Promotion an und wurden später Hochschullehrer an der Universität in Potosí.

### Danksagung

Wir danken Bernd Adamski, Klaus Erler, Leander Franz, Jens-Uwe Götze, Gerhard Heide, Bruno Heine, Horst Kämpf, Ulf Kempe, Reinhard Kleeberg, Andreas Kluge, Claus Legler, Jörg Matschullat, Frieder Naumann, Karin Rank, Axel Renno, Bernhard Schulz, Thomas Seifert, Marion Tichomirowa, Hannes Thiergärtner, Jochen Vogel und Roland Volkmer für hilfreiche Ergänzungen, Korrekturen und kritische Hinweise.

Besonderer Dank und Erinnerung gilt den vielen technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die im Laufe der Jahre in Laboratorien, Lehrbetrieb, Sammlungen und Werkstätten tätig waren. Ohne sie waren und sind die wissenschaftlichen Leistungen des Instituts undenkbar. Der sorgfältigen Arbeit der Sekretärinnen Charlotte Kamann, Margot Seiffert, Gisela Neubert und Ina Wichmann verdanken wir, dass unsere oft unscharf gewordenen Erinnerungen in vielen Fällen präzisiert werden konnten.

Teil 2 (Von der III. Hochschulreform 1968 bis 1990) und 3 (Von der Neugründung des Instituts 1990 bis zum Ende des Studiengangs Mineralogie 2005) folgen in den ACAMONTA-Ausgaben 2023 und 2024.

# Curt Adolph Netto (1847-1909)

Peter Hauschild

2022 jährt sich der 175. Geburtstag eines bedeutenden Absolventen der Bergakademie Freiberg und einer außergewöhnlichen Persönlichkeit – der von Curt Adolph Netto.<sup>1</sup> Geboren am 21. August 1847 in Freiberg als Sohn des Bergbeamten Gustav Adolph Netto besuchte er zunächst die Freiberger Knabengymnasium, musste aber nach der Versetzung seines Vaters nach Schneeberg an die dortige Bürgerschule wechseln. Curt Adolph Netto kehrte 1860 nach Freiberg zurück und beendete seine Schulbildung am Freiberger Gymnasium. 1864 immatrikulierte er sich an der Bergakademie Freiberg (Matrikelnummer 2386), wo er während seiner Studienzeit im Corps Saxo-Borussia Freiberg aktiv war. 1869 schloss er sein Studium mit Examen ab. Noch im gleichen Jahr trat er als Einjährig-Freiwilliger seinen Militärdienst beim 3. Bataillon des Infanterie-Regiments „Kronprinz“ (5. Königlich Sächsisches) Nr. 104 in Schneeberg an.<sup>2</sup> Nach Abschluss seiner Dienstzeit war Netto kurzzeitig an der Muldner Hütte tätig, bis er wenig später am Deutsch-Französischen Krieg teilnahm. Hier wurde er 1870 bei der Schlacht von Sedan durch ein Projektil einer Mitrailleuse am Bein verletzt und musste daher zur Genesung heimkehren.<sup>3</sup> Anfang 1871 war er jedoch wieder bei der kämpfenden Truppe, wo ihm für seine

Leistungen das Eiserne Kreuz II. Klasse verliehen wurde. Nach seiner Rückkehr nach Sachsen Ende 1871 nahm er dann im Schmelzfarbenwerk in Schneeberg, das seinem Schwager Curt Geitner gehörte, eine Stelle als Chemiker an.



Foto: Medienzentrum TU Freiberg

nisierte er in seiner bis 1877 dauernden Amtszeit die Bergwerksanlagen und führte neue Verhüttungsmethoden und technische Anlagen ein. Nach der erfolgten Reprivatisierung der Gruben von Kosaka 1877 gab Netto seine Position auf und wechselte als Dozent für Metallurgie an die Kaiserliche Universität in Tokio, wo er 1878 zum Professor für Bergbau- und Hüttenkunde berufen wurde. Zwischen 1882 und 1883 unterbrach Netto seine Lehrtätigkeit in Japan. Er ließ sich für ein Jahr beurlauben und nutzte die Gelegenheit, um eine Forschungsreise zu absolvieren, die ihn nach Europa, Mexiko und die USA führte. In dieser Zeit vertrat ihn Adolph Mezger, ebenfalls ein Absolvent der Freiberger Bergakademie, fast ein Jahr lang als Lehrkraft für Bergbaukunde an der Tokioter Universität.<sup>5</sup> Die Wiederaufnahme seiner Lehrtätigkeit währte jedoch nicht lange, bereits im November 1885 beendete Netto diese und reiste Anfang 1886 nach Europa zurück. Zuvor empfing ihn im Juni 1885 der Meiji-Tenno Mutsuhito zur Verleihung des Ordens der Aufgehenden Sonne, Vierter Klasse. Die Ursache für den raschen Weggang aus Japan lag wohl mit darin begründet, dass sich in der japanischen Bevölkerung ein Stimmungswandel zu Ungunsten der Kontraktausländer vollzogen hatte und zusehends gut ausgebildete japanische Wissenschaftler an deren Stelle treten konnten. Die Bedeutung seiner langjährigen Tätigkeit für den japanischen Staat ist dennoch nicht zu unterschätzen. So zählten zu seinen vielen Schülern unter anderem Wataru Watanabe und Kageyoshi Noro.<sup>6</sup> Beide gelten heute in Japan nicht nur als

1 Vgl. zur Biografie u. a. Carl Schiffner: Aus dem Leben alter Freiberger Bergstudenten. Bd. II, Freiberg 1938, S. 84-87, Curt Netto 1847-1909. Aquarelle und Zeichnungen aus Japan 1873-1885. Ausstellung im Japanischen Kulturinstitut Köln vom 6. bis 23. Mai 1980. [Köln 1980], Wolfgang Michel: Curt Adolf Netto (1847-1909). Ein Deutscher im Japan der Meiji-Ära. In: Jahresbericht der Japanisch-Deutschen Gesellschaft Westjapan 8 (1984), S. 13-21 sowie Robert B. Heimann, Rainer Slotta: Curt Adolph Netto. Ein Kosmopolit aus Freiberg/Sachsen (1847-1909). Bochum 1999.

2 Einjährig-Freiwillige waren wehrpflichtige junge Männer mit einem höheren Schulabschluss, die nach freiwilliger Meldung den Wehrdienst in einem Truppenteil ihrer Wahl als Präsenzdienst ableisteten und diesen dann bereits nach einem Jahr nach Abschluss der Grundausbildung als Offizier der Reserve beenden konnten.

3 Mitrailleusen waren manuell bediente Salvengeschütze zur Steigerung der Feuerkraft. Sie waren keine automatischen Schusswaffen, sondern mussten händig geladen werden. Ursprünglich 1850 in Belgien entwickelt, wurden diese Waffen im Deutsch-Französischen Krieg (1870/71) häufig auf französischer Seite genutzt.

Zwei Jahre später sollte es Netto aber an das andere Ende der Welt verschlagen. 1873 wurde er als ein sogenannter Kontraktausländer in den Dienst des japanischen Staates berufen.<sup>4</sup> Er folgte damit einer Einladung des japanischen Industrieministeriums. Seine Aufgabe war es, moderne Bergbau- und Hüttentechnologien in das sich kurz zuvor der Welt geöffnete Land zu bringen. Im Dezember 1873 kam Netto nach einer mehrmonatigen Seefahrt in Japan an und musste dann mehrere Wochen lang zu den kurz zuvor verstaatlichten Bergwerken von Kosaka (Akita) im Norden der Insel Honshu weiterreisen. Als deren Direktor moder-

4 Im Japanischen als o-yatoi gaikokujin bezeichnet, waren diese Personen ausländische Experten, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ins Land gerufen wurden, um die Modernisierung Japans voranzutreiben. Sie sollten vor allem den aktuellen Stand des Wissens in Medizin und den Naturwissenschaften vermitteln und neue, westliche Technik einführen sowie japanische Spezialisten ausbilden. Die Kosten für diese Ausländer waren hoch, so wuchs das Interesse der japanischen Regierung an einer raschen Ablösung durch einheimische Fachkräfte. 1899 wurde das System der Kontraktausländer abgeschafft.

5 Vgl. zum Leben Adolph Mezgers den Beitrag Peter Hauschild: Adolph Mezger - Ein Botschafter Freibergs im Land der aufgehenden Sonne. In: ACAMONTA, Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 27 (2020), S. 164.

6 Abweichend von der geltenden japanischen Schreibweise ist hier der Vorname dem Nachnamen vorangestellt. Wataru Watanabe (1857-1919) war später Professor an der Kaiserlichen Technischen Universität Tokio und arbeitete außerdem als Ingenieur im Ministerium für Landwirtschaft und Handel sowie für das Büro der Sado-Minen. Kageyoshi Noro (1854-1923) war der erste japanische Professor für Metallurgie an der Kaiserlichen Universität in Tokio und projektierte die wichtigen Yahata-Stahlwerke mit. Er gilt in seinem Heimatland als der „Vater der japanischen Metallurgie“.

wichtige Mitbegründer einer modernen metallurgischen Wissenschaft, sondern Watanabe und Noro übersetzten auch das Vorlesungsmanuskript von Netto in das Japanische. Das 1887 erschienene Buch „Nesshi yakingaku“, was soviel wie „Nettos Vorlesungen“ bedeutet, galt für lange Zeit als wichtigste Schrift für die Ausbildung von Fachleuten auf dem Gebiet der Metallurgie. Zudem waren beide, sicherlich durch die Vermittlung von Netto, zum Studium der Hüttenkunde an der Bergakademie in Freiberg: Watanabe von 1882 bis 1885 und Noro von 1886 bis 1888.<sup>7</sup>

Neben seinem beruflichen Engagement war Netto sehr an der japanischen Kultur interessiert. Bereits 1873 gehörte er zu den Mitbegründern der Deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens (OAG). Zudem war Netto nicht nur ein Sammler von japanischer Kunst wie Holzschnitteindrucken, sondern ein ebenso talentierter Laienkünstler. Das zeigt sich an einer Vielzahl bis heute erhaltenen Aquarellzeichnungen von seiner Hand, in denen er Land und Leute festhielt. Aus seinen Erfahrungen und Erlebnissen in Japan heraus entstanden zudem mehrere Publikationen. Dazu gehörten jedoch nicht nur fachspezifische Abhandlungen über das japanische Berg- und Hüttenwesen.<sup>8</sup> Wesentlich interessanter, auch für seine Zeitgenossen, dürfte seine Beschäftigung mit der Alltagskultur Japans gewesen sein. In seinem Buch über Papier-Schmetterlinge brachte er der Leserschaft eine beliebte Freizeitbeschäftigung im Japan der damaligen Zeit näher. Im gemeinsam mit Gottfried Wagener verfassten Buch über den japanischen Humor stellte er zudem einen

7 Vgl. zur Geschichte von wichtigen japanischen Persönlichkeiten an der Bergakademie Freiberg den Beitrag von Rudolf Hartmann: Japanische Studenten in Freiberg bis zum Ersten Weltkrieg. In: Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 11 (2004), S. 43-44.

8 Vgl. Curt Adolph Netto: Ueber japanisches Berg- und Huetten-Wesen. Veröffentlicht in den Mittheilungen der Deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens. Herausgegeben von dem Vorstande, Band II (1876-1880), Heft 19, S. 367-408. Nettos Artikel wurde wenig später 1879 in das Englische übertragen und die japanische Übersetzung folgte kurz darauf 1880.

bis dahin kaum beachteten kulturellen Aspekt dieses Landes vor.<sup>9</sup>

1886 ging Netto nach Paris und arbeitete bei Martin Michael Bair, den er aus seiner Zeit in Japan kannte, als dieser Ehrenkonsul in Tokio war. Nach seinem Abschied von Japan war Netto gezwungen, große Teile seiner ansehnlichen Sammlung von japanischen Holzschnitten zu verkaufen, um an Geld zu gelangen. Diese Entscheidung war notwendig, da er seine bei einer chinesischen Bank hinterlegten Rücklagen 1886 aufgrund einer Bankenpleite in Kanton verloren hatte. Viele dieser

Interesse an der ostasiatischen Kultur und zum Aufkommen des Japonismus als eine künstlerische Modeströmung in Europa bei. Viele europäische Künstler ließen den japanischen Stil später in ihr eigenes Werk einfließen.

Für Netto sollten die Jahre zwischen 1887 und 1889 besonders entscheidend für seinen weiteren Lebensweg werden. Als Angestellter bei der Friedrich Krupp AG entwickelte er ein neues, fortschrittliches Verfahren zur Aluminiumherstellung über die Natriumreduktion aus dem Mineral Kryolith, welches er patentieren lies.<sup>11</sup> Dieses Verfahren

wurde jedoch recht bald durch die Entwicklung der Schmelzelektrolyse uneffektiv. Auf Empfehlung von Clemens Winkler, der seit 1883 Mitglied im Aufsichtsrat der Metallgesellschaft in Frankfurt am Main war, berief man Netto 1889 zum Leiter der Technischen Abteilung der Metallgesellschaft. Nach deren Ausgründung als Metallurgische Gesellschaft im Jahre 1897 stand Netto gemeinsam mit Richard de Neufville dem Unternehmen vor. Für dieses entwickelte Netto das Telegrafenkürzel

Lurgi, welches sich einige

Jahre später als Firmenname durchsetzen sollte. 1898 heiratete Curt Adolph Netto Emily Nothwang, mit der er zwei Töchter und einen Sohn hatte. 1902 legte Netto auf Grund einer sich zusehends verschlechternden Gesundheit seine Vorstandsgeschäfte nieder, er blieb aber noch über seine Tätigkeit im Aufsichtsrat der Metallurgischen Gesellschaft weiter beruflich involviert. Trotz mehrfacher Kuraufenthalte trat keine dauerhafte Besserung seines Befindens mehr ein. Auch darin dürften die Gründe liegen, dass Curt Adolph Netto bereits am 7. Februar 1909 in Frankfurt am Main im Alter von nur 61 Jahren wohl in Folge eines Herzschlags verstarb.

Die große Geltung, die Curt Adolph Netto und seinen Leistungen beim Aufbau der heimischen Wirtschaft und modernen Wissensvermittlung in Japan zugesprochen wird, zeigt sich in

9 Diese Bücher von Curt Adolph Netto sind: Papier-Schmetterlinge aus Japan. Nach Skizzen des Verfassers illustriert von Paul Bender. Leipzig 1888 sowie Japanischer Humor. Mit 257 Abbildungen, darunter 5 Chromatafeln. Leipzig 1901. Letzteres verfasste er gemeinsam mit Gottfried Wagener, der die späte Publikation nicht mehr erlebte. Gottfried Wagener (1832-1892) lehrte als Professor für Chemie in Tokio und an der Kunst- und Gewerbeschule Kyoto.

10 Samuel Bing (1838-1905) war in Deutschland auch unter seinem Zweitvornamen als Siegfried Bing bekannt. Aus einer international tätigen Hamburger Kaufmannsfamilie stammend, war er einer der wichtigsten Sammler und Händler von asiatischen Kunstdenkmalen seiner Zeit.

11 Informationen zum Patent von Curt Adolph Netto: Verfahren zur Darstellung von Aluminium (25.03.1887) sind heute beim Deutschen Patent- und Markenamt unter der Nummer DE000000045198A abrufbar.



Curt Netto – selbstverständlich auch in japanischen Katakana-Schriftzeichen – auf einer Informationstafel zur Bedeutung der Kontraktausländer im 19. Jahrhundert in der Dauerausstellung des Nationalmuseums für Natur und Wissenschaft in Tokio im Jahr 2019.

veräußerten Kunstwerke gingen an Bairs Schwager, den Kunstsammler und Kunsthändler Samuel Bing in Paris.<sup>10</sup> Ein Hauptverdienst Bings lag darin, dass er die westliche Welt mit der ostasiatischen Kunst bekannt machte und so entscheidend die Vorstellung insbesondere von Japan in Nordamerika und Europa mitprägte. Die von ihm ausgestellten und verkauften Werke, sicherlich auch aus dem Besitz Nettos, trugen im späten 19. Jahrhundert mit entscheidend zu einem wachsenden

9 Diese Bücher von Curt Adolph Netto sind: Papier-Schmetterlinge aus Japan. Nach Skizzen des Verfassers illustriert von Paul Bender. Leipzig 1888 sowie Japanischer Humor. Mit 257 Abbildungen, darunter 5 Chromatafeln. Leipzig 1901. Letzteres verfasste er gemeinsam mit Gottfried Wagener, der die späte Publikation nicht mehr erlebte. Gottfried Wagener (1832-1892) lehrte als Professor für Chemie in Tokio und an der Kunst- und Gewerbeschule Kyoto.

10 Samuel Bing (1838-1905) war in Deutschland auch unter seinem Zweitvornamen als Siegfried Bing bekannt. Aus einer international tätigen Hamburger Kaufmannsfamilie stammend, war er einer der wichtigsten Sammler und Händler von asiatischen Kunstdenkmalen seiner Zeit.

der Dauerausstellung des japanischen Nationalmuseums für Natur und Wissenschaft in Tokio. Hier wird er explizit in der Abteilung zur Entwicklung des japanischen Hochschulwesens mit anderen bedeutenden westlichen Wissenschaftlern, vornämlich aus dem englischen Sprachraum, wie dem Ingenieur Henry Dyer, dem Physiker James Alfred Ewing oder dem Bergbauingenieur John Milne aufgelistet, die als Kontrakt ausländer maßgeblich die Modernisierung

Japans im späten 19. Jahrhundert begleiteten und vorantrieben.<sup>12</sup> An den

12 Henry Dyer (1848-1918) war ein schottischer Ingenieur, der die technische Ausbildung nach westlichem Vorbild in Japan mit umsetzte. James Alfred Ewing (1855-1935) war ein schottischer Physiker und Ingenieur, der als Professor für Maschinenbau an der Kaiserlichen Universität in Tokio tätig war und John Milne (1850-1913) war ein englischer Geologe und Bergbauingenieur, der an einem Horizontalseismographen arbeitete. Er war wie Ewing ein Mitbegründer der Seismologischen Gesellschaft von Japan.

in Japan unvergessenen Wissenschaftler erinnert in Freiberg selbst noch am Gebäude Petersstraße Nr. 42, dem Geburtshaus von Curt Adolph Netto, eine Tafel und die TU Bergakademie Freiberg ehrt seine Rolle in der Geschichte der Bergakademie in der Ausstellung des Historicums.

## Vistelius' Beitrag zur mathematischen Geologie

Hannes Thiergärtner<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Das Arbeitsgebiet „mathematische Geowissenschaften“ wurde - jeweils unabhängig - in mehreren Ländern entwickelt, vor allem von J. C. Griffiths (UK), W. C. Krumbein (USA) und A. B. Vistelius (damalige UdSSR). Die Begriffsbildung geht insbesondere auf Vistelius (1915-1995) zurück. Er hat den Terminus letztgültig in seinem Standardwerk „Grundlagen der mathematischen Geologie“ (Vistelius, 1980) definiert, nachdem er einige Jahrzehnte lang mathematisch-statistische Modelle zur Lösung praktischer geologischer Aufgaben angewendet hatte. Die Definition von Vistelius enthält drei wesentliche Elemente: (1) In den Geowissenschaften entwickelte und angewendete mathematische Modelle sollen konzeptionell begründet sein, d. h. auf geowissenschaftlichen Vorstellungen über das zu untersuchende Objekt oder Phänomen basieren. (2) Sie sollen probabilistisch, also wahrscheinlichkeitstheoretisch fundiert sein, weil viele geowissenschaftliche Eigenschaften und Prozesse stochastischen Charakter zeigen. (3) Die mathematischen Modelle sollen der Lösung konkreter geowissenschaftlicher Aufgaben dienen.

## Einführung

In der Mitte des 20. Jahrhunderts stark zunehmende geologische Tätigkeit förderte und erforderte die Verarbeitung umfanglicher Mengen an quantitativer Information und damit auch die Entwicklung einer neuen Arbeitsrichtung, die später als

„mathematische Geologie“ bezeichnet wurde. Die bedeutende Rolle von Andrej Borisovič Vistelius als einem der Pioniere auf diesem Gebiet soll hier anhand weitgehend noch unbekannter Originalquellen dargestellt werden. Sein Leben und Werk sind in vielen Beiträgen bereits gewürdigt worden (Merriam, 2001; Dech & Henley, 2003; Whitten, 2004; Henley, 2018; Henley, 2021; Wiki 2021).

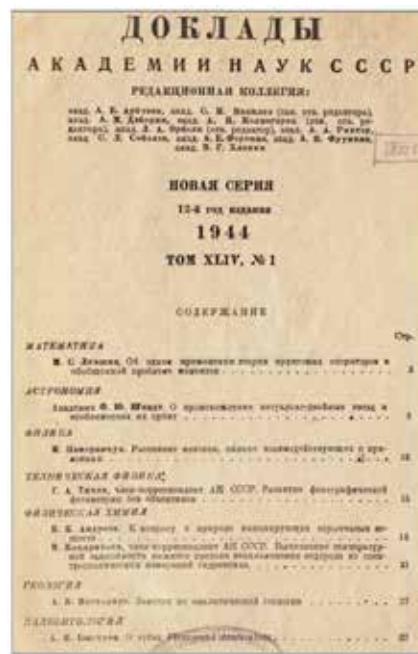


Abb. 1: Doklady Akad Nauk USSR; Moskva (1944)

## **Historischer Hintergrund**

Vorbereitung, Verlauf und Konsequenzen des Zweiten Weltkrieges führten zu einem enormen Bedarf an mineralischen Rohstoffen mit der Konsequenz, dass Suche, Erkundung und Abbau mineralischer Lagerstätten - insbesondere auch von Koh-

lenwasserstoffvorkommen - erheblich intensiviert wurden. Das führte zu einer sehr raschen Zunahme der Masse geochemischer, geophysikalischer, mineralogischer und anderer geowissenschaftlicher Informationen auch in numerischer Form, also zum Übergang zu einer quantitativen Geowissenschaft. Akkurate und präzise Daten wurden massenhaft generiert und angesammelt.

Nach Vistelius (1962) hatte Levinson-Lessing (1924) als einer der Ersten auf dem hier in Rede stehenden Gebiet mathematisch-statistische Verfahren angewendet und damit eine „beschreibende“ mathematische Periode eingeläutet. Einfache Berechnungen wurden ohnehin schon in der Kristallografie, Mineralogie, Petrografie, Paläontologie oder Ingenieurgeologie durchgeführt.

Mathematische, insbesondere probabilistische Modelle und Algorithmen, die eine Verarbeitung auch großer Datenfiles erlaubten, waren zu dieser Zeit bereits vorhanden oder wurden entwickelt, wie beispielsweise die logarithmisch-normale Verteilung durch Aitchison & Brown (1957).

Computertechnologien entwickelten sich im gleichen Zeitraum außerordentlich schnell und eröffneten vollkommen neue Möglichkeiten der maschinellen Datenverarbeitung.

Diese und weitere Faktoren begründeten eine neue analytische Etappe der Bearbeitung gewissenschaftlicher Sachverhalte. Wissen-

1 Freie Universität Berlin, FB Geowissenschaften



Abb. 2: Vistelius' Beitrag (1944)

schaftler aus mehreren Ländern begannen erfolgreich, vorhandene mathematische Modelle und Methoden zur Lösung bestimmter geologischer Aufgabenstellungen zu nutzen, darunter W.C. Krumbein (USA), J.C. Griffiths (UK), A.B. Vistelius (ehemalige UdSSR), R.L. Miller & J.S. Kahn (USA), D.G. Krige (Südafrika) oder G. Matheron (Frankreich). In den 1960er Jahren kamen auch deutsche Geowissenschaftler hinzu (Marsal, 1967; Thiergärtner, 1968). Als Kardinalproblem hatte sich gezeigt, dass alle geologischen Objekte, wie sedimentäre Abfolgen, magmatische Gesteinsformationen, Grundwasserkörper oder kontaminierte Boden, einmalig sind. Sie lassen sich nur mittels „punkteller“ Beobachtungen, Messungen oder Proben beschreiben, charakterisieren und analysieren. Eine möglichst „wahrheitsgetreue“ Charakterisierung des gesamten geologischen Objekts oder Prozesses soll aus ihnen abgeleitet werden, ein Modell muss erstellt und daraufhin überprüft werden, ob es den „wahren Sachverhalt“ hinreichend genau widerspiegelt.

Allgemein sind Modelle nützliche Werkzeuge für die Erklärung komplizierter Situationen. Sie reflektieren aber immer ein vereinfachtes Abbild der komplexen Realität. Nur die vom Bearbeiter – also subjektiv – als essenziell betrachteten Eigenschaften

fließen in die Modellbildung ein. „Subjektiv“ ist hier nicht abwertend gemeint, sondern in dem Sinne, dass die Bearbeiter über ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen bei der Modellbildung verfügen sollten. Ist dies nicht gewährleistet, sind Fehlinterpretationen allerdings vorprogrammiert.

Mathematische Modelle beschreiben und analysieren geowissenschaftliche Fakten oder Phänomene mittels Formeln oder Algorithmen. Sie ermöglichen es, geowissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, sie für das Gewinnen neuer Erkenntnisse zu nutzen und räumliche oder zeitliche Prognosen zu erstellen. Dabei sind stochastische Modelle zur Bearbeitung der Eigenschaften „zufälliger“ Ereignisse geeignet. „Zufällig“ bedeutet hier, dass die punktuelle Ausprägung einer untersuchten Eigenschaft durch lokale geologische Gegebenheiten durchaus von der allgemeinen Charakteristik des Untersuchungsobjekts abweichen kann, andererseits aber auch meist nicht im Detail interessiert. Die mathematische Statistik ist eine Methodologie zur Analyse stochastischer Prozesse anhand von Stichproben. Das zugrunde liegende geologische Modell kann so mittels der beobachteten Information „geschätzt“ (berechnet) werden, und das Zutreffen der Ergebnisse lässt sich mit einer gewünschten Zuverlässigkeit testen.

## Anfänge

Auf dieser Grundlage studierte Andrej Borisovič Vistelius in einer seiner ersten Arbeiten die räumliche Verteilung der Porosität sedimentärer Formationen (Vistelius 1944). Sein Beitrag „Заметки по аналитической геологии“ („Bemerkungen zur analytischen Geologie“, Abb. 1 und 2) befasste sich mit der Anreicherung von Kohlenwasserstoffen in bestimmten porösen Gesteinsformationen Russlands. Dazu entwickelte er ein mathematisches Modell, das die Beziehung zwischen dem Porositätskoeffizienten, der Probenahmetiefe, gemessen vom Top des Spiriferidenhorizonts, und anderen spezifischen Parametern beschrieb. Er erkannte, dass „die Porosität eine Eigenschaft ist, die einem Muster folgt und sich periodisch innerhalb des vertikalen Schnittes

der untersuchten Sedimentschichten ändert.“

Als methodologisches Ziel seiner Arbeit nannte Vistelius „die Anwendbarkeit einer analytischen Methode zur Untersuchung eines geologischen Phänomens“ zu zeigen. Unter dem Begriff „analytische Methode“ verstand er die Herleitung eines speziellen mathematischen Modells. Der Terminus „analytische Geologie“ hingegen wurde nur im Titel der Veröffentlichung benutzt und im Weiteren nicht diskutiert. Der Autor hat weder diesen noch den Terminus „mathematische Geologie“ definiert.



Abb. 3: Geologija i Geofizika, Novosibirsk (1962)

## Mathematische Geologie in der Definition von Vistelius

1962 bis 1963 definierte Vistelius die mathematische Geologie nun explizit in seiner dreiteiligen Publikation „Проблемы математической геологии“ („Probleme der mathematischen Geologie“, Vistelius 1962, 1963a, 1963b). Diese Arbeit wurde wegen ihrer Bedeutung für die Entwicklung der Datenverarbeitung in der Geologie wenig später auch ins Deutsche übersetzt (Vistelius 1966a, 1966b, 1966c). In der Originalfassung schrieb der Verfasser: „Der erste Teil dieser Veröffentlichung behandelt grundlegende Fragen hinsichtlich der Disziplin, die gegenwärtig als mathematische Geologie bezeichnet wird...“

*Mathematische Geologie kann als eine Disziplin verstanden werden, die sich mit dem Studium der Wahrscheinlichkeitsverteilung von Zufallsvariablen befasst, um Informationen über den geologischen Prozess zu erhalten. Diese Studien basieren auf statistischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden sowie einigen numerischen Algorithmen, die zur Lösung bestimmter geologischer Probleme entwickelt wurden“ (Abb. 3 und 4). Dieser neue wissenschaftliche Zweig wird in der Arbeit als „Analyse wahrscheinlicher Phänomene und Prozesse mittels statistischer Prozeduren“ beschrieben.*

Mathematische Methoden und Modelle wurden in den späteren 1960er Jahren bereits weltweit angewendet, um geowissenschaftliche Probleme zu lösen. Diese Entwicklung wurde durch die enormen Fortschritte in der Computertechnologie beschleunigt.



Abb. 4: Vistelius' Beitrag (1962)

Die mathematische Geologie war bereits als selbständiger geowissenschaftlicher Fachbereich etabliert, als während des XXIII Internationalen Geologischen Kongresses (IGC) 1968 die International Association for Mathematical Geology (IAMG) als Organisation der International Union of Geological Sciences (IUGS) gegründet wurde. A. B. Vistelius und der Autor dieses Beitrages, Absolvent der Bergakademie Freiberg, nahmen am XXIII IGC und am IAMG-Grün-

dungsmeeting teil.

Vistelius (1968) führte in einem Beitrag anlässlich dieses XXIII IGC aus, dass geologische Phänomene häufig als Zufallsvariable einzuordnen sind. Deshalb kann der mathematische Ausdruck geologischer Phänomene durch ein stochastisches Modell repräsentiert werden. Die Validität eines gewählten Modells muss in der Praxis verifiziert werden. Der Autor verbindet hier beispielgebend die Vorstellung über ein theoretisches Modell mit dessen praktischer Überprüfung anhand der geologischen Beobachtungen. Er richtet das Augenmerk auf die Geologie und nicht auf die Mathematik.

Ein Jahr später resümierte Vistelius (1969), dass nunmehr Konsens darin bestehe, die mathematische Geologie als Bestandteil der Geowissenschaften einzuordnen. Nach seiner Auffassung begann eine zweite Periode im Verständnis dieser Disziplin mit Kolmogorov's Arbeit über die lognormale Verteilung pulverisierter Partikel (Kolmogorov 1941). Die Veröffentlichungen von Krumbein (1934a, 1934b, 1936a, 1936b, und 1938) wurden zwar vorher herausgegeben, aber weil sie nicht Korngrößenhäufigkeiten, sondern Kornfraktionsgewichte behandelten, seien sie nicht als Initiator dieses zweiten Stadiums zu begreifen. Die mathematische Geologie wird nun definiert als eine „wissenschaftliche Disziplin, die geologische Prozesse mathematisch modelliert“. Vistelius fährt fort, dass „die den Verteilungsfunktionen der Wahrscheinlichkeit zugrundeliegenden Muster der betrachteten Eigenschaften das wichtigste Objekt mathematisch-geologischer Studien seien, weil geologische Prozesse vornehmlich zu den Zufallsprozessen gehören. Alle anderen Anwendungen der Mathematik in der Geologie sind – ungeachtet ihrer praktischen Bedeutung – spezielle Fälle der Lösung mathematisch-geologischer Aufgaben“.

1980 erschien das russische Standardwerk der mathematischen Geologie mit dem Titel „Osnovy matematicheskoy geologii“ („Grundlagen der mathematischen Geologie“) (Vistelius 1980; Abb. 7 und 8). Englische Ausgaben folgten erst 1992 und 2012 (Vistelius 1992 und 2012). Vistelius (1980) definierte auf Seite 34:



Abb. 5: Doklady XXIII IGC, Moskva

„... Wir werden mathematische Geologie die wissenschaftliche Disziplin nennen, die sich mit Konstruktion, Analyse und Anwendung konzeptioneller mathematischer Modelle geologischer Erscheinungen bei der Lösung konkreter Probleme befasst. Das Modell muss konzeptionell sein, d. h. den wesentlichen Inhalt geologischer Vorstellungen reflektieren, die Gegenstand der Verifizierung sind. Die Aufgabe besteht in der Überprüfung einiger geologischer Hypothesen. Diese Hypothesen – ausgedrückt in mathematischer Form – werden mittels mathematischer Methoden verifiziert. Die Formulierung des Problems spiegelt insofern die Spezifik der Mathematik wider. Das Modell soll probabilistisch sein, weil die in der Geologie zu untersuchenden Objekte durch ein Medium verursacht werden, für das Gesetzmäßigkeiten typisch sind, die in einer probabilistischen Sprache ausgedrückt werden...“

Auf vier wesentliche Aspekte soll in diesem Kontext hingewiesen werden:

1. Die in den Geowissenschaften entwickelten und angewendeten mathematischen Modelle müssen notwendigerweise konzeptionell fundiert sein. Sie müssen die prinzipiellen geologischen Vorstellungen über das zu untersuchende Phänomen oder den Prozess reflektieren. Folglich ist mathematische Geologie ein geowissenschaftliches und kein mathematisches Fachgebiet. Das ist

insofern wichtig, als in den letzten Jahrzehnten eine Disziplin „Geomattheematik“ definiert wurde; sie unterscheidet sich grundsätzlich von der mathematischen Geologie.



Abb. 6: Vistelius' Beitrag (1968)

2. Mathematisch-geologische Modelle sind häufig wahrscheinlichkeitsbasierter Art, weil sich die zugrunde liegenden geologischen Eigenschaften der Objekte als Zufallsvariable erweisen. Die meisten geologischen Phänomene und Prozesse sind durch so viele Faktoren beeinflusst, dass nur die Wahrscheinlichkeit ihrer Realisierung für einen konkreten Ort und eine konkrete Zeit angegeben werden kann. Insofern spiegeln sie im Allgemeinen wissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten, aber keine wissenschaftlichen Gesetze wider.

3. Vistelius hat jedoch eine Entwicklung und Anwendung deterministischer Gesetze nicht generell ausgeschlossen, wenn die zu studierenden Attribute bestimmten Naturgesetzen unterliegen. Damit gehören beispielsweise viele der geophysikalischen Modelle ebenfalls zur „mathematischen Geologie“.

4. Die mathematische Geologie als wissenschaftliche Disziplin soll nicht nur Modelle entwickeln, adaptieren und analysieren. Sie muss sie vor allem für die Lösung geowissenschaftlicher Aufgaben in der Praxis anwenden; sie darf kein Selbstzweck

sein. Im Bereich der akademischen Forschung sind die Herleitung neuer mathematischer Modelle und deren Publikation in speziellen Fachorganen von besonderem Interesse. Für den Praktiker in geologisch arbeitenden Betrieben werden die Resultate dann in Form von Algorithmen oder (kommerzieller) Software zur Verfügung gestellt. Die Formulierung von Vistelius zielt darauf ab, mathematisch-geologische Modelle in auch wirklich anwendbarer Form für die Bearbeitung aktueller Aufgabenstellungen bereitzustellen. Auf diesem Gebiet besteht weiterhin Nachholbedarf: es mangelt an Anwendungsforschung. Howarth (2017) definierte neuerdings mathematische Geologie als „*Anwendung mathematischer und statistischer Methoden zur Analyse geologischer (und nun geowissenschaftlicher) Daten und zur Entwicklung quantitativer Vorhersagemodelle*“. Damit folgt er weitgehend der Definition dieses Fachgebietes aus den Mitt-1990ern und erneuert die Forderung nach Anwendung plus Entwicklung. Insbesondere scheint die Aktivität einschlägig spezialisierter Fachzeitschriften gegenwärtig darin zu bestehen, die Applikation mathematischer Verfahren und Modelle zugunsten der Publikation neuer Zugänge in den Hintergrund zu drängen (Thiergärtner 2006 und 2018).

### Weitere Entwicklung

Vistelius ist dem Anliegen nach Praxisrelevanz in umfangreichen geologischen Untersuchungen und Publikationen gefolgt. Ein Hauptaugenmerk seiner Tätigkeit lag auf der Anwendung von Markovketten aus der Gruppe der Halbmarkovschen Prozesse auf die Mineralabfolgen in granitoiden Gesteinen. Er hat nachgewiesen, dass eben dieses mathematische Modell konzeptionell genau die nachbarliche Folge der Minerale erfassen kann. Wenn die räumliche Aufeinanderfolge der Mineralkörper (Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas) beispielsweise im Dünnschliff einer homogenen Markovkette 1. Ordnung genügt, hat das Gestein keine metasomatische oder anderweitige Überprägung erfahren („Idealgranit“ nach Vistelius). Dann liegen auch keine Mineralbildungen zwei-

ter Generation vor, die zu einer Erzbildung hätte führen können. Wenn die Hauptminerale in zwei Generationen ausgeprägt sind, modelliert eine homogene Markovkette 2. Ordnung die Kornabfolgen im Schnitt. Die Gesteinsanalyse kann sich insofern allein auf die Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten des Übergangs von einem Mineralkorn zu einem benachbarten stützen. So lassen sich zeitlich spätere, eventuell erzrelevante Überprägungen durch Analyse der Aufeinanderfolge der Mineralkörper sicher erkennen. Dieses Herangehen wurde beispielsweise auch am oberkarbonischen Granit des Königshainer Massivs in der Lausitz erprobt (Thiergärtner, 1984).



Abb. 7: Titelseite „Grundlagen der mathematischen Geologie“, Leningrad (1980)

Die Geowissenschaften haben sich in den letzten Jahrzehnten erheblich weiterentwickelt, und es sind viele neue Arbeitsfelder hinzugekommen. Das wirkte sich selbstverständlich auch auf die mathematische Geologie aus. Der vor Jahren verwendete Begriff „Geologie im weiteren Sinne“ wurde um 2008 durch den Terminus „Geowissenschaft(en)“ ersetzt. Er umfasst nun auch solche Fachgebiete wie Geochemie, Mineralogie und Kristallographie, Geophysik und Petrophysik, Petrologie und Petrographie, Tektonik und Plattentektonik, Paläontologie und Paläoklimatologie, Vulkanologie, Geothermie, Sedimentologie, Stratigraphie, Hydrogeologie,

такое модель, мы можем уточнить приведенное определение. Математической геологии же будем называть научную дисциплину, занимавшуюся построением, анализом и истолкованием при решении конкретных задач конкретных вероятностных моделей геологических явлений.

Модель должна быть концептуальной, т. е. должна отражать главное содержание геологической идеи, подлежащей проверке. Работа заключается в выдвижении некоторых геологических предположений. Эти предположения, выраженные в математической форме, проверяются математическими средствами. В такой форме постановка задачи отражает специфику математики.

Модель должна быть вероятностной, так как объекты, изучаемые геологами, порождаются средой, для которой типичными являются закономерности, выражаемые вероятностным языком. Конечно, в отдельных случаях можно представить детерминированную модель, дающую хорошее приближение. Как показывает опыт, это достаточно редкое исключение, которое может быть интерпретировано как вырожденный случай вероятностной модели. Такие детерминированные модели, как только что отмечалось, иногда очень полезны в качестве первого шага в изработке вероятностного подхода, когда статистический смысл задачи еще не уложен, а схематизация концептуальной стороны проблемы уже наценана.

Об особенностях построения, анализа и использования моделей было сказано в предыдущем параграфе.

Вопрос о развитии математической геологии носит скорее организационный, а не научный характер, поэтому он не может входить в основы этой науки. Однако кратко на нем все же надо остановиться, так как в настоящее время важно добиться понимания ряда положений, без чего развитие этой науки сильно замедляется.

Прежде всего, нужно со всей энергией подчеркнуть, что математическая геология – весьма специфическая самостоятельная наука. Может быть именно иной особою хорошо подходит слова Евфимова о том, что ее трудность в широте объекта исследования и в необходимости изучения его чрезвычайно дотальных методами.

Математическая геология не может развиваться без глубокой геологической основы при постановке любых ее задач. Поэтому математическую геологию должны развивать геологи, а не геофизики, лингвисты, теплотехники или другие специалисты, знакомые с математическими методами. Необходимо организовать первичные наблюдения, выполняемые по специфическим схемам.

Математическая геология – математическая дисциплина в группе геологических наук, поэтому для ее развития и оценки ее результатов необходимо по меньшей мере отточченное знание математических идей, лежащих в основе используемого «аппарата». Без этого невозможно ни оценивать полученные результаты, ни развивать саму математическую геологию. Дело не в том, прости или сложны методы, – они должны быть адекватны задаче.

34

Abb. 8: Originaldefinition der mathematischen Geologie durch Vistelius (1980)

Umweltgeologie, ökonomische Geologie, Ingenieurgeologie, Geotechnik, Bodenkunde und Fernerkundung. Die Behandlung von Oberflächengewässern, der Atmosphäre und sogar des Sonnensystems werden neuerdings oft dazugerechnet. Mathematische Modelle können in all diesen Disziplinen in ähnlicher Weise angewendet werden: Geometrische Modelle, numerische Berechnungen, Funktionsanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik sind einige der gemeinsamen Felder. Cheng (2018) hat den Begriff „mathematische Geowissenschaften“ unter Berücksichtigung der neuesten Trends wie folgt formuliert: „Eine neue Definition der mathematischen Geologie als interdisziplinäres Gebiet der Wissenschaft wird vorgeschlagen. In Analogie zu anderen Disziplinen wie Geochemie und Geophysik ist die mathematische Geologie oder Geomathematik die Wissenschaft des Studiums der mathematischen Eigenschaften und Prozesse der Erde (und anderer Planeten) mit Vorhersage ihrer Ressourcen und der sich verändernden Umwelt.“ Er mahnte später erneut eine international einheitliche Definition dieses neuen Wissenschaftszweiges an (Cheng, 2021).

Eine derzeit umfassende Behandlung des Gesamtgebiets der mathematischen Geowissenschaften ist in der *Encyclopedia of Mathematical Geosciences* in den Encyclopedia of Earth Sciences Series zu finden, einem auf Anregung der IAMG im Entstehen begriffenen vollständigen Referenzwerk. Es enthält präzise Erklärungen zu allen, also mehreren hundert Begriffen der mathematischen Geowissenschaft, verfasst von mehr als 300 internationalen Experten. Seit 2021 sind die ersten Stichwörter im Internet veröffentlicht (Daya Sagar et al., 2020 – 2021) und für 2023 wird das Gesamtwerk in gedruckter Form erwartet (Daya Sagar et al., 2023).

## Danksagung

Der Autor dankt dem Russischen Geologischen Forschungsinstitut A. P. Karpinskij (VSEGEI) Sankt Petersburg und der Russischen Geologischen Bibliothek Sankt Petersburg, die freundlicherweise Kopien der frühen Arbeiten von Vistelius bereitstellten.

## Literatur

Aitchison J, Brown JAC (1957) The Log-normal Distribution. Cambridge University Press, Cambridge

Cheng Quiming (2018) In: Daya Sagar B, Cheng Q, Agterberg F (Hrsg) Handbook of Mathematical Geosciences. Springer, Cham:179-208. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78999-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78999-6_10)

Cheng Quiming (2021) Earth Science Frontiers, Beijing: 28(3):6-25. <https://doi.org/10.13745/j.esf.sf.2021.1.17>

Daya Sagar BS, Cheng Q, McKinley J, Agterberg F (2021–2022) Encyclopedia of Mathematical Geosciences: Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7\\_...](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_...)

Daya Sagar BS, Cheng Q, McKinley J, Agterberg F (2023) Encyclopedia of Mathematical Geosciences: Springer, Cham, 1st ed.

Dech VN, Henley S (2003) Math Geosciences, New York 35(4):363-379. <https://doi.org/10.1023/A:1024885722154>

Henley S (2018). In: Daya Sagar B, Cheng Q, Agterberg F (Hrsg) Handbook of Mathematical Geosciences. Springer, Cham:93-812. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78999-6\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78999-6_39)

Henley S (2021). In: Daya Sagar B, Cheng Q, McKinley J, Agterberg F (Hrsg) Encyclopedia of Mathematical Geosciences. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7\\_356-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_356-1)

Howarth RJ (2017) Dictionary of Mathematical Geosciences. Springer Internat Publ AG, Basel

Kolmogorov AN (1941) Dokl Akad Nauk SSSR, Moskva 31(2):99-101

Krumbein WC (1934a). Journ Sedim Research, Tulsa 4(2):65-77

Krumbein WC (1934b). Amer Journ Science, New Haven 27(159):204-214

Krumbein WC (1936a). Journ Sedim Research, Tulsa 6(1):35-47

Krumbein WC (1936b). Amer Journ Science, New Haven 32:98-111

Krumbein WC (1938). Journ Sedim Research, Tulsa 8(3):84-90

Levinson-Lessing FJO (1924). Vestnik Geolog Komiteta USSR, Leningrad 43(6):723-735.

Marsal D (1967) Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

Merriam DF (2001). Natural Resources Research, New York NY 10:297-304

Thiergärtner H (1968) Grundprobleme der statistischen Behandlung geochemischer Daten. Grundstoffverlag, Leipzig

Thiergärtner H (1984). 27-j IGK sekciya C.20, Nauka, Moskva:49-58

Thiergärtner H (2006). Math Geol, New York 38(6):659-665

Thiergärtner H (2018). In: Sagar BSD, Cheng Q, Agterberg F (Hrsg) Handbook of Mathematical Geosciences – Fifty Years of IAMG, Springer Internat Publ, Basel:813-830

Vistelius AB (1944). Dokl Akad Nauk USSR, Moskva 44(4):27-31

Vistelius AB (1962). Geol i Geofiz Sibirsk Otd Akad Nauk USSR, Novosibirsk (12):3-9

Vistelius AB (1963a). Geol i Geofiz Sibirsk Otd Akad Nauk USSR, Novosibirsk (7):3-17

Vistelius AB (1963b). Geol i Geofiz Sibirsk Otd Akad Nauk USSR, Novosibirsk (12):3-10

Vistelius AB (1966a). Z Angew Geol, Berlin 11(5):265-268

Vistelius AB (1966b). Z Angew Geol, Berlin 11(6):306-313

Vistelius AB (1966c). Z Angew Geol, Berlin 11(7):356-359

Vistelius AB (1967). Studies in mathematical geology. Consultants Bureau, New York

Vistelius AB (1968). Matemat Metody v Geol, Nauka, Moskva:7-14

Vistelius AB (1969). In: Matematičeskaja geologija. Referativnyj sistematicheskij ukazatel' osnovnoj literatury po 1968. Biblioteka Akad Nauk USSR, Leningrad:11-56

Vistelius AB (1980) Osnovy matematičeskoy geologii. Nauka, Leningrad

Vistelius AB (1992) Principles of Mathematical Geology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London

Vistelius AB (2012) Principles of Mathematical Geology. Springer Science + Business Media B. V. Dordrecht, Softcover reprint.

Whitten EHT (2004). Earth Sciences History, Lawrence KS 23(2):384-389. <https://doi.org/10.17704/eshi.23.2.dq1n801h97644145>

Wiki (2021) Vistelius, Andrej Borisovich. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Vistelius\\_Andrey\\_Borisovich](https://ru.wikipedia.org/wiki/Vistelius_Andrey_Borisovich)

# Vor 150 Jahren war (fast) Schluss

## Der Karzer der Bergakademie Freiberg

Peter Hauschild

Ab den 1830er Jahren häuften sich Klagen über das ungebührliche Verhalten von Bergakademisten in der Öffentlichkeit. Deshalb schlug bereits 1835 Professor Ferdinand Reich vor, ebenfalls die Karzerstrafe an der Bergakademie Freiberg einzuführen, wie dies an den Universitäten, etwa in Heidelberg oder Tübingen, schon länger Brauch war. Über die Ausübung eines eigenen Disziplinarrechts für Angehörige der Bergakademie gab es jedoch seit längerem einen Konflikt mit der der Bergakademie vorgesetzten Bergbehörde, die nach dem Direktionsprinzip das entsprechende Recht ausübte. Schließlich wurde 1841 eine Karzerordnung nach dem Vorbild der Universität Leipzig erlassen und 1842 erfolgte dann die Zuweisung eines Bodenraums, der ein Jahr später zum Karzer ausgebaut wurde.<sup>1</sup> Nach entsprechender Einigung mit der übergeordneten Instanz konnte 1843 eine bergakademische Disziplinarbehörde für die eigenständige Ausübung der akademischen Gerichtsbarkeit eingerichtet werden. Somit bot sich nun die Möglichkeit, auffällig gewordene Studenten der Bergakademie für bestimmte Vergehen zu bestrafen. Zu diesen zählten zum Beispiel das Schwänzen von Lehrveranstaltungen, die Vernachlässigung der praktischen Kurse, aber ebenso Prügeleien, Beleidigungen, Friedensbruch und das Austragen von Duellen im Rahmen des Satisfaktionsrechts.<sup>2</sup>

Die Dauer der verhängten Strafen bewegte sich je nach Art des Vergehens zwischen einem und vierzehn Tagen und auch die Zeit, die tatsächlich im Karzerraum verbracht werden musste, varierte: die einfache Karzerstrafe dauerte von 6 Uhr bis 20 Uhr, bei der geschärften Kar-



Foto: Peter Hauschild

Abb. 1: An der Wand finden sich erhaltene Porträts von einsitzenden Studenten, darunter Enrique Astaburaga aus Chile (obere Reihe, erster von links), dargestellt mit chilenischer Flagge und Band des Corps Teutonia.

zerstrafe verbrachten die Verurteilten den gesamten Zeitraum – auch über Nacht – entsprechend eingeschlossen.

Der eigentliche Arrestraum war – seiner Funktion entsprechend – bescheiden eingerichtet und mit einem Tisch, zwei Stühlen und einem Bett mit Strohsack sowie einem gusseisernen Ofen möbliert.<sup>3</sup> Das Brennholz für den Ofen musste vom jeweiligen Insassen selbst bezahlt werden. Eine Waschschüssel und ein Nachttopf vervollständigten die Ausstattung. Für die natürlichen Bedürfnisse war eine Abortanlage im Vorraum vorhanden. Überwacht wurden die Insassen von einem Karzerdiener, der im Notfall über eine Klingel gerufen werden konnte. Dieser brachte auch das Essen, die zustehende karge Verpflegung war entsprechend in der Karzerordnung geregelt. Zusätzlich konnte der Insasse gegen Geld, sofern er welches besaß, seine Karzerkost mit aus den umliegenden Gastwirtschaften gelieferten Speisen aufwerten.

Die Karzerordnung bestimmte mit dem § 11 das Verbot, die Wände zu beschmieren – das hielt aber die Insassen

nicht davon ab, sich zum Zeitvertreib mit mehr oder weniger umfangreichen Zeichnungen und Texten zu verewigen. Das Ergebnis hing dabei stark von der Kunstfertigkeit des jeweils einsitzenden Studenten ab. Sie hinterließen Namenszüge, humorvolle Sprüche und kleine Bilder. Diese zeigen unter anderem die begangenen Delikte der Insassen oder verweisen auf studentisches Brauchtum, denn die Wappen der drei großen studentischen Freiberger Corps jener Zeit – Montania, Franconia und Teutonia – aber auch Bierseidel und Paukschläger des studentischen Fechtens finden sich auf dem Putz. Und nicht nur das ein oder andere Porträt von einsitzenden Delinquenten ist zeichnerisch festgehalten. Es findet sich ebenso mindestens ein Frauenporträt, möglicherweise die Darstellung einer Angebeterin eines der einsitzenden jungen Männer.<sup>4</sup>

Bis heute kann mit Hilfe eines überlie-

1 Ob es sich bei dem bis heute als Karzer erhaltenen Raum im Dachgeschoss in der Nonnengasse 22 um den allerersten dafür genutzten handelt oder es kurzzeitig zuvor noch einen anderen Raum für diese Aufgabe gab, ist nicht endgültig geklärt, vgl. Birgit Seidel: Tretet ein, denn auch hier sind Götter. In: Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 14 (2007), S. 130-132.

2 Zu den verschiedenen Gründen und kuriosen Ereignissen, die in Freiberg zu einer Karzerhaft führten, vgl. ebenfalls den Artikel von Birgit Seidel, wie Anm. 1.

3 Die heute im Karzer befindliche Einrichtung ist eine Rekonstruktion der Möblierung und Ausstattung mit zeitgenössischen Objekten, unter anderem aus dem Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg stammend, um einen weiter gefassten historischen Eindruck zu vermitteln. Die Originalausstattung aus der Nutzung im 19. Jahrhundert hat sich leider nicht erhalten.

4 Weibliche Insassen gab es nachweislich nicht im Karzer, wohl auch, da Frauen nur als Gasthörerinnen ab Anfang der 1870er Jahre Vorlesungen belegen konnten und sich die allererste Studentin, Mary Hegeler, 1885 an die Bergakademie einschrieb, vgl. TU Bergakademie Freiberg, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte. Helmuth Albrecht, Norman Fuchsloch, Siegfried H. Richter: *Gaudeamus igitur? Streiflichter aus dem Freiberger Studentenleben. 1766 bis 1990*. Ausstellung des Historischen Kabinetts der TU Bergakademie Freiberg vom 20. Juni 1998 bis 30. Juni 1999. Freiberg 1999, S. 32.



Abb. 2: Neben kleinen Texten und Szenen aus dem studentischen Leben an der Bergakademie findet sich das Frauenporträt von Laura Winckler.

ferten Karzerbüchs, in das sich eingetragen werden musste, nachvollzogen werden, wer einsaß.<sup>5</sup> Der erste Eintrag führt Rudolph Eduard Gerlach aus Freiberg auf, der vom 25. bis 27. Juli 1851 mehrere Tage im Karzer verbrachte. Es war die Strafe für das Einschlagen einer Scheibe des Postwagens. Geschadet hatte es ihm wohl nicht, Gerlach war später von 1864 bis 1872 Lehrer für Bergrecht an der Bergakademie und Geheimer Finanzsekretär in Dresden. Mit zu den letzten Einträgen zählt der vom Chilenen Enrique Astaburaga von 1872. Dieser hatte sich, nachdem er in der Stadt randalierte, der Festnahme widersetzt und dabei einem Ordnungshüter ein blaues Auge geschlagen. Dafür musste er 14 Tage einfache Karzerstrafe absitzen. In jenem Jahr ist letztmalig durch das Karzerbuch eine Nutzung nachvollziehbar, auch wenn tatsächlich erst 1876 im Zuge des Gerichtsverfassungsgesetzes die akademische Gerichtsbarkeit aufgehoben wurde und damit der Karzer seiner rechtlichen Grundlage beraubt war. Bis dahin verbrachten weit mehr als

40 Studenten einen kleinen Teil ihres Lebens im Karzer, einige von ihnen sogar mehrfach.<sup>6</sup> Nicht nur junge Männer aus Sachsen mussten hier ihre Strafen absitzen. Ebenso in Freiberg studierende Ausländer fanden sich für ihre Taten im Karzer wieder. Diese kamen unter anderem aus den USA, aus Frankreich, Belgien, Großbritannien, Luxemburg, Norwegen oder Spanien, aber auch aus Preußen oder Hessen-deutschen Staaten, die im 19. Jahrhundert aus sächsischer Sicht allesamt als Ausland galten. Bei seiner „Wiederentdeckung“ in den 1980er Jahren war der Karzer vollgestellt und stark verschmutzt. Mit der Intention, diesen besonderen Raum nunmehr zu erhalten, begann eine Räumung der dort abgestellten Gegenstände und eine behutsame Reinigung der stark verschmutzten Wände, um die Verzierungen in ihrer ganzen Breite wieder freizulegen. So hat der Freiberger Karzer die Zeit überdauert und ist heute der einzige seiner Art an einer deutschen

Technischen Universität beziehungsweise Technischen Hochschule. Die Attraktivität des Freiberger Karzers bis in die Gegenwart besteht vor allem in seinen zahlreichen erhaltenen Wandbemalungen und Inschriften im Arrestraum. Diese dokumentieren hervorragend das studentische Alltagsleben im 19. Jahrhundert und somit stellt der Karzer in seiner Gesamtheit ein einmaliges Zeugnis des akademischen Lebens sowie der studentischen Traditionen an der Bergakademie Freiberg dar. Der Karzer ist heute dem Historicum zugeordnet und wird durch Mitarbeiter des Instituts für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG) betreut. Ob der wichtigen Rolle, den ausländische Studierende in der Geschichte des Karzers spielten, unterstützen auch Mitarbeiter des Internationalen Universitätszentrums (IUZ) dessen Erforschung. In der jüngeren Vergangenheit wurde versucht, im Rahmen von restauratorischen Arbeiten die Details im Karzer zu dokumentieren und Empfehlungen für den weiteren Umgang mit diesem wertvollen Stück Geschichte zu geben. Vor allem der historische Putz mit den darauf aufgebrachten Bemalungen verlangt hohe Anforderungen



Abb. 3: Die Zeit hat ihre Spuren am Putz der Karzerwände hinterlassen – es sind mittlerweile nicht nur die Zeichnungen aus dem 19. Jahrhundert, sondern auch Schadstellen erkennbar.

gen an das Raumklima – also die Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Daher ist der Zugang zum Karzer nunmehr stark eingeschränkt. Ein regelmäßiger Besucherverkehr, wie vor einigen Jahren noch möglich, kann nicht mehr zugelassen werden. Nur so kann der Erhalt dieses außergewöhnlichen Raumes auch für künftige Generationen sichergestellt werden.

5 Eine editierte Ausgabe des Karzerbüchs liegt derzeit leider noch nicht vor. Des Weiteren ist anzunehmen, dass nicht alle tatsächlich im Karzer einsitzenden Delinquenter im Karzerbuch erfasst worden sind.

6 Vgl. Norman Pohl: Karzer. In: Rektor der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (Hrsg.): Wissenschaft vor Ort. Bilder zu Geschichte und Gegenwart der TU Bergakademie Freiberg. Freiberg 2005, S. 135.

# 150 Jahre Geologischer Dienst Sachsen

Werner Pälchen

Am 6. April 1872 wurde der außerordentliche Professor der Geologie an der Universität Leipzig, Dr. Hermann Credner, zum Direktor der neuen Landesbehörde „Geologische Landesuntersuchung des Königreiches Sachsen, Sitz Leipzig“ ernannt. Grundlage dafür waren die Beschlüsse der sächsischen Staatsregierung und beider Stände kammern. Dieses Datum gilt als Gründungstag der neuen wissenschaftlichen Institution, die damit der erste selbstständige Geologische Dienst in Deutschland war. Seine Aufgaben wurden in einer interministeriellen Verordnung vom 31. Januar 1873 ausführlich festgelegt (Abb.1). Das Gründungsdatum ist lediglich der formelle Abschluss einer mehr als hundertjährigen Entwicklung einschlägiger Aktivitäten, die gleichzeitig auch ein Zeugnis der engen institutionellen und personellen Verflechtungen und fruchtbaren Wechselbeziehungen zwischen Bergakademie, Oberbergamt und Geologischem Dienst sind.

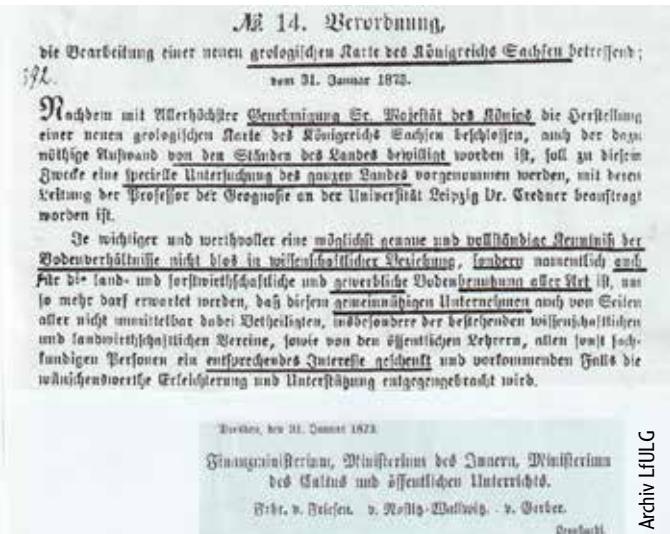
Die Herausbildung geologischer Dienste ist eng mit der Entwicklung der geologischen Kartierung verbunden,

von Abraham Gottlob Werner durch das sächsische Oberbergamt im Jahr 1798 zu betrachten. Aus den von Carl Amandus Kühn fortgeführten, aber lückenhaft gebliebenen Kartierungen wurde zwischen 1835 und 1845 von Carl Friedrich Naumann und Bernhardt von Cotta eine „Geognostische Specialkarte des Königreiches Sachsen“ im Maßstab 1:120 000 erarbeitet. Im Zuge der stürmischen Entwicklung der Wirtschaft und des Verkehrswe sens erwiesen sich jedoch die daraus ableitbaren Informationen über den Untergrund des Landes als nicht hinreichend. Naumann und von Cotta empfahlen daher gemeinsam mit dem Dresdner Hans Bruno Geinitz der Regierung des Königreichs die Einrichtung einer Institution, die sich speziell dieser Aufgabe widmen sollte.

Der damals erst 30-jährige Credner ging diesen Auftrag mit etwa 20 jungen engagierten Geologen zügig an, mit dem Ergebnis, dass bereits 1895 für das gesamte Territorium Sachsens mit Ausnahme einiger Grenzgebiete zu Thüringen und Preußen die „Geologische Specialkarte“ im Maßstab 1:25 000 mit Erläuterungen vorlag.

Nach einem kurzen Interim von Hans Stille ab 1911 folgte 1913 der Österreicher Franz Kossmat, der die Sächsische Geologische Landesanstalt bis 1934 leitete. In diesen Zeitraum fällt die Einrichtung des „Sächsischen Landesgrundwasserdienstes“ mit 850 Messstellen durch Rudolf Grahmann ab 1922 und die stärkere Betonung bodenkundlicher Untersuchungen unter Friedrich Härtel, die ihren Niederschlag in Übersichtskarten der Verbreitung der Hauptbodenarten im Maßstab 1:40 000 und 1:200 000 fanden. Außerdem wurde für

36 Blätter der Spezialkarte eine Revisionskartierung vorgenommen. Schwerpunkt der angewandten Rohstoffforschung war die Braunkohle. Mit seiner Publikation „Die Braunkohlen Deutsch-



lands“ erwarb sich Kurt Pietzsch überregionale Anerkennung. Das Wirken von Franz Kossmat als Wissenschaftler ist weit über seine Rolle als Direktor des Geologischen Dienstes hinaus vor allem mit seinem 1927 erschienenen Werk zur „Gliederung des varistischen Gebirgsbaues“ verbunden, das mehr als ein halbes Jahrhundert die Vorstellungen zur regionalen Geologie Mitteleuropas geprägt hat.

Nachdem er Kossmat bereits oftmals vertreten hatte, übernahm 1934 Kurt Pietzsch die Leitung des Geologischen Dienstes (Abb. 2). In organisatorischer Hinsicht war diese Phase durch Veränderungen gekennzeichnet, die mit der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten und die damit einhergehende Zentralisierung verbunden waren. Nach der 1937 erfolgten Verlegung von Leipzig nach Freiberg unter der Bezeichnung „Sächsisches Geologisches Landesamt, Sitz Freiberg“ firmierte das Amt ab 1939 als „Reichsstelle“ und ab 1941 als „Reichsamt für Bodenforschung, Zweigstelle Freiberg“. Immerhin war damit aber auch die räumliche Zusammenführung der behördlichen und wissenschaftlichen Einrichtungen für Bergbau und Geologie verbunden.



Abb. 2: Kurt Pietzsch (1884–1964)

d.h. mit der Darstellung geologischer Zusammenhänge in Beziehung zur topographischen Struktur eines Gebiets. Als Beginn einer systematischen Kartierung in Sachsen ist die Beauftragung

Archiv LfUG



Abb. 3: Dienstsitz 1937 – 1982

Das Domizil des Geologischen Dienstes befand sich von 1937 bis 1982 im Gebäude Schloßplatz 1 und war gleichzeitig Wohnsitz seines Direktors Kurt Pietzsch bis zu seinem Tode 1964 (Abb. 3).

Den 2. Weltkrieg hatte der Geologische Dienst ohne Verluste an Baulichkeiten, Sammlungs- und Archivgütern überstanden. Bis zur Mitte der 1950er Jahre standen Revisions- und Untersuchungsarbeiten zu den durch den Verlust der Industriezentren in Oberschlesien und im Ruhrgebiet defizitären Rohstoffen, vor allem Steinkohle, im Vordergrund. Auch bereits bekannte, darunter auch kleinere Rohstoffvorkommen von Bunt- und Schwarzmetallen sowie Steine und Erden standen im Fokus der Untersuchungen. In dieser Zeit wurden auch Außenstellen in Leipzig und in Plauen eingerichtet. Basierend auf seinen eigenen jahrzehntelangen Erfahrungen und den in der Nachkriegszeit neu gewonnenen Erkenntnissen verfasste Pietzsch 1960 das bis heute weit hin anerkannte Standardwerk „Geologie von Sachsen“.

Einen gravierenden Einschnitt erfuhr die Tätigkeit des Geologischen Dienstes mit der Umwandlung in einen volkseigenen Betrieb im Jahr 1961. Zunächst als „VEB Geologische Erkundung Süd Freiberg“, später als Betriebs teil Freiberg im „Kombinat Geologische Forschung und Erkundung“ (GFE) Halle unter dem Dach eines eigenen Ministeriums für Geologie (MfGeo). Die territoriale Zuständigkeit bezog sich auf die Bezirke Dresden, Leipzig, Karl-Marx-Stadt und Cottbus. Aufgabenschwerpunkt war die Erkundung von Braunkohenvorkommen sowie die Suche und Erkundung von Erzen, insbesondere

Zinnerz, Flusspat und Schwerpat. Die geologische Kartierung beschränkte sich auf Detailaufnahmen, kombiniert mit umfangreichen geophysikalischen und geochemischen Prospektionsarbeiten in den Erkundungsgebieten. Während der VEB GFE mit

den staatlich vorgegebenen Planaufgaben auf dem Rohstoffsektor und den damit verbundenen ingenieur- und hydrogeologischen Arbeiten befasst war, wurden territoriale Aufgaben in der Zuständigkeit der Bezirksverwaltungen von den dort angesiedelten „Bezirksstellen für Geologie“ erledigt.

Mit der politischen und ökonomischen Wende 1989/90 waren noch ungleich bedeutendere Veränderungen verbunden. Die schwerpunkt mäßige Orientierung auf die Rohstoffforschung und -erkundung und die damit garantierte staatliche Finanzierung entfielen völlig, was eine Reduzierung des Personalbestandes auf etwa 10 % bei dessen gleichzeitiger Neustrukturierung zur Folge hatte. Am „Runden Tisch Geologie Sachsen“ waren unter Federführung von Dr. Klaus Hoth, dem späteren Vizepräsidenten, Konzepte für eine Neugründung eines Geologischen Landesdienstes entwickelt worden, die sich weitgehend an den Verhältnissen in den alten Bundesländern orientierten. Unter dem starken Einfluss der für Sachsen zuständigen Patenbehörde

aus Baden-Württemberg wurde jedoch erstmals in der Bundesrepublik kein eigenständiges Geologisches Landesamt, sondern am 1. Oktober 1991 eine kombinierte Behörde – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie – gebildet. Der „Bereich Boden und Geologie“ in Freiberg bewahrte sich etwa ein Jahrzehnt lang mit einem Vizepräsidenten ein gewisses Maß an Eigenständigkeit und nahm im Verbund mit den bei den Staatlichen Umweltfachämtern in Plauen, Chemnitz, Leipzig, Radebeul und Bautzen angesiedelten „Stellen für Gebietsgeologie“ die Funktion als Geologischer Dienst Sachsen wahr. Gegenwärtig firmiert der Geologische Dienst als Abteilung 10 im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Nachdem in den 1990er Jahren geologische Aufgaben, insbesondere die geologische Kartierung im Verhältnis zu Umweltthemen wie Altlasten, Abfall und Immission eher marginalisiert waren, erfuhren geologische Leistungen nach der Jahrtausendwende einen deutlich spürbaren Zuwachs an Bedeutung und Akzeptanz. Rohstoffe, Geothermie, Hydrogeologie, Georisiken und in jüngster Zeit die Problematik derendlagerung atomarer Abfälle sind in den letzten zwei Jahrzehnten merklich in den Fokus des öffentlichen Interesses gerückt. Speziell in Sachsen kommt dazu noch die Eisenbahnneubaustrecke Dresden-Prag, ein Projekt von enormer verkehrstechnischer Bedeutung für das östliche Mitteleuropa, wegen längerer Tunnelstrecken mit gewaltigen Herausforderungen für die Planung und die ingenieurgeologische Begleitung. Eine Vielzahl anwendungsbereiter thematischer Karten sowie eine breite Palette von Fachpublikationen zeugen von der



Abb. 4: Fachveröffentlichungen des Geologischen Dienstes (Beispiele)

aktiven Rolle des Geologischen Dienstes bei der Bearbeitung der aktuellen Anforderungen in allen Bereichen des öffentlichen Lebens (Abb. 4).

Für die Bewältigung dieser Aufgaben steht einem qualifizierten und engagierten Personal ein riesiger Fundus an Belegproben und Archivmaterial zur Verfügung. Die 2007 eingeleitete umfassende Digitalisierung von Dokumenten garantiert eine schnelle und effiziente Zugriffsbereitschaft nicht nur für eigene Aufgaben, sondern auch für die Projekte Dritter. Neben dem umfänglichen schriftlichen Archivmaterial spielen dabei u.a. auch die 140 km an Bohrkernen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Dieses Material zu erhalten war nicht ganz einfach, zumal von weitgereisten Verwaltungsbeamten nicht nur einmal die Forderung gestellt wurde, die Kerne doch einfach zu fotografieren und dann zu verwerfen! Untersuchungen auf neue Rohstoffe nach den Bedürfnissen der Hochtechnologie wie z. B. Indium oder Seltene Erden wären dann nicht mehr möglich gewesen.

Betrachtet man die Geschichte des Geologischen Dienstes Sachsen vom zeitlichen Vorfeld seiner offiziellen

Gründung an bis in die Gegenwart, so ist die stete fachliche und auch institutionelle Verbindung mit den bergbau-relevanten Einrichtungen in Freiberg offenkundig. Beginnend mit Abraham Gottlob Werner und seinen unmittelbaren Nachfolgern wie Carl Amandus Kühn und später Bernhard von Cotta bis zum aktuellen Geokompetenzzentrum Freiberg e.V., das auf einer gemeinsamen Gründungsinitiative von TU Bergakademie, Sächsischem Oberbergamt, Geologischem Dienst Sachsen und einschlägigen Wirtschaftsunternehmen fußt. Selbst in der frühen Phase von 1872 bis 1937, als die Behörde am Gründungsort Leipzig untergebracht war, gab es diese ständige Bindung. Eindeutiges Zeugnis dafür ist die Person Carl Richard Beck. In den Jahren 1883 bis 1895 ein äußerst produktiver Kartierer in der Sächsischen Geologischen Landesuntersuchung (15 Blätter mit Erläuterungen der Specialkarte), war er danach Professor für Geologie, Lagerstättenlehre und Versteinerungskunde sowie von 1911 bis 1913 Rektor der Bergakademie und hat u. a. aktiv fördernd auf den Bau des heutigen Abraham-Gottlob-Werner-Baus in der

Brennhausgasse Einfluss genommen. Nach dem Umzug des Amtes von Leipzig nach Freiberg, vor allem nach dem 2. Weltkrieg, ist es insbesondere die Person Kurt Pietzsch, die für diese Beziehungen steht. Er las als Professor die „Geologie von Sachsen“ sowie die „Geologie von Mitteleuropa“ und wurde 1959 Ehrensenator der Bergakademie. Auch weitere, später zu Professoren der Bergakademie berufene Wissenschaftler (z. B. Karl-Armin Tröger, Ludwig Pfeiffer) waren in wesentlichen Phasen ihrer beruflichen Laufbahn im Geologischen Dienst Sachsen tätig. Im Rahmen der Festveranstaltung zum 150jährigen Bestehen des Geologischen Dienstes ist die fruchtbare Verbindung der genannten Institutionen erneut betont und der Unikatcharakter von Freiberg als Geostandort unterstrichen worden.

#### Literatur

Beiträge und Berichte zum Jubiläumsjahr „125 Jahre amtliche Geologie in Sachsen“ – Geoprofil 8, Freiberg 1998, S. 1-64

Der Geologische Dienst in Sachsen: Festband zum Jubiläum 150 Jahre Landesgeologie – Geoprofil 16, Freiberg 2022, 152 S.

#### Quelle

M. Lapp & H. Walter in: Geoprofil 16 (2022), S. 18

## Von Freiberg in die Welt

### Absolventen der Bergakademie als Ingenieure im Montanwesen von Kolonien

Ulrich Thiel

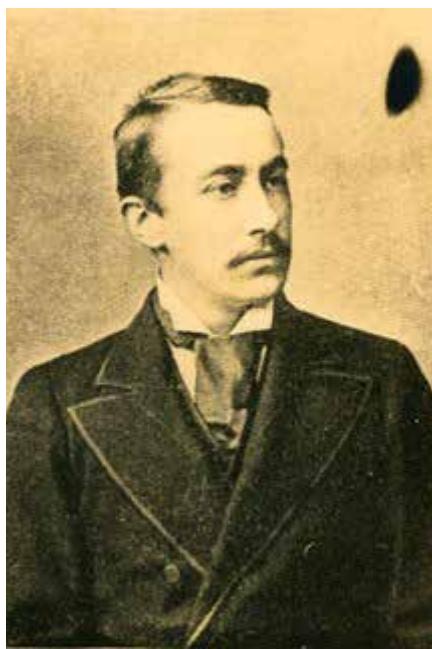


Abb. 1: John Hays Hammond als Student, Wissenschaftlicher Altbestand der TU Bergakademie Freiberg

Ein befreundeter Berliner Afrikanist regte mir gegenüber vor einigen Jahren an, in meinem regionalen Forschungsumfeld nach Relikten des Kolonialismus zu suchen. Wenn man die Augen dafür öffnet, offenbaren sich einem tatsächlich noch heute nicht wenige einschlägige Zeugnisse unterschiedlichster Art und in ganz beträchtlicher Zahl. Nur nebenher bemerkt, beginnt die Universität Leipzig gerade, sich im Rahmen eines großen sachsenweiten Vernetzungsprojekts der Erfassung und Bewertung dieser historischen Überlieferung anzunehmen. Für mich lag es nahe, gerade die Vergangenheit der TU Bergakademie Freiberg mit ihren mannigfaltigen internationalen Verbindungen und ihrem zeitig hohen Ausländeranteil nach kolonialen Spuren zu untersuchen. Dabei reizte mich zu gegebenermaßen auch das für Freiberg

bis dato weitgehend unbearbeitete Forschungsthema. Nach anfänglich ersten mühsamen Schritten bestätigte sich die Richtigkeit meiner Vermutung. Die abschließend gewonnenen Erkenntnisse waren dann aber doch einigermaßen überraschend.

Das mit der Gründung der Bergakademie Freiberg verfolgte Ziel bestand bekanntlich darin, wissenschaftlich gebildete Ingenieure für das fiskalische sächsische Montanwesen heranzubilden. Bedarf an solcherart qualifizierten Fachleuten bestand ebenfalls im Ausland. Die weitblickenden Entscheidungsträger der erst wenige Jahre zuvor gegründeten Bildungsinstitution Bergakademie öffneten die Hochschule bereits 1771 für Studenten aus dem

#### Kontakt

dr.ulrich.thiel@gmail.com



Abb. 2: Karte „Mineralische Rohstoffe der Tropen und ihre Erschließung durch die Freiberger Bergingenieure“, um 1938, Universitätsarchiv der TU Bergakademie Freiberg (UAF) Foko 61

Ausland. Die Akademie genoss bald einen im In- wie im Ausland vorzüglichen Ruf, denn von Beginn an bestand der Anspruch, Wissen auf dem international höchsten Niveau zu vermitteln. Dazu trug ebenso die von den Hochschullehrern mit Erfolg betriebene Grundlagen- und Industrieforschung bei. Außerdem galt in der Lehre der Grundsatz einer engen Verbindung von Theorie und Praxis. Da in der Welt überall Montanfachleute gesucht wurden und weil das Freiberger Konzept überzeugte, wandten sich immer mehr – zumeist junge – Männer der Bergakademie zu. Im Dezennium 1901/10 zählte sie insgesamt 1.126 Studierende, von denen mehr als 50 Prozent aus dem Ausland kamen. Die abgehenden Ingenieure mit ihrem Spezialwissen fanden zumeist problemlos eine adäquate berufliche Betätigung.

Von den Studenten, die zwischen 1766 und 1939 hier eine gediegene Ausbildung erhielten, kamen nicht wenige aus einer Kolonie wie Australien, Kanada oder Südafrika. Andere nahmen nach dem Studium eine Berufstätigkeit in einer Kolonie auf. Bisher konnten mehr als 230 Absolventen für den Untersuchungszeitraum namhaft gemacht werden, auf die dieses Kriterium zutrifft (Abb. 1). Auch wenn diese Gruppe bei einer Gesamtstudentenzahl von nahezu 7.600 mit einem Umfang von etwas mehr als drei Prozent lediglich eine Minorität bildete, darf ihre globale Wirksamkeit nicht unterschätzt werden. Die ehemaligen Freiberger Studenten, die ihrer Herkunft nach beispielsweise aus deutschen Staaten bzw. dem Deutschen Reich, aus Großbritannien, Russland, Schweden und den USA stammten, lassen sich in Berg- oder Hüttenwerken von 42 Kolonien nachweisen, so in Australien, Britisch-Indien, Deutsch-

Weltkrieg ihren Höhepunkt. (Abb. 2). Bedauerlicherweise fehlen allerdings weitgehend narrative Quellen, um den Motiven für einen Einsatz in den Kolonien wirklich tiefgründig nachgehen zu können. Lediglich bei sehr wenigen der Protagonisten fanden sich Hinweise auf Beweggründe und Ziele. In einigen Fällen warben Unternehmen Freiberger Absolventen an. Andere konnten sich auf vorhandene Netzwerke verlassen, während Dritte ihr Glück selbstständig suchten und häufig auch fanden. Ein Studium an der Bergakademie Freiberg scheint jedenfalls in der Branche ein guter Türöffner gewesen zu sein. Dort, wo sie in der Welt auf „ehemalige“ Freiberger trafen, erhielten sie außerdem stets Unterstützung. Neben guten Verdienstmöglichkeiten könnten der Wunsch nach einem exotischen Arbeitsumfeld und nach Abenteuern sowie die Erschließung von Neuland als Triebkräfte gewirkt haben.

Die Alumni gingen oftmals einer Tätigkeit als Betriebsleiter von Unternehmen nach, so Theodor Kapp (BA Freiberg 1892 bis 1897). Gardner F. Williams (BA Freiberg 1865 bis 1868) gelang als Generalmanager sogar der Sprung an die Spitze des Weltkonzerns De Beers Consolidated Mines Limited Corporation. Andere Absolventen betätigten sich als freie

Südwestafrika, Neuspanien, Niederländisch-Indien und in der Südafrikanischen Union, nicht selten im Bereich der Lagerstätten fernab der urbanen Zentren. Zeitlich gesehen erreichte diese spezielle Migrationswelle vor dem Ersten

Berater für Unternehmen, beispielsweise Rafael Juan Laureano Herrmann (BA Freiberg 1887 bis 1890) oder suchten unter oftmals schwierigen Bedingungen als Geologen neue Vorkommen an Bodenschätzten wie Gold, Silber, Kupfer oder Diamanten. Als solche lassen sich u. a. Hermann Pohle (BA Freiberg 1851 bis 1855) und John Hays Hammond (BA Freiberg 1876 bis 1879) namhaft machen. Weitere arbeiteten in Bergbehörden, wie der spätere Leiter des sächsischen Oberbergamts Hermann Nieß (BA Freiberg 1898 bis 1903). Den Absolventen Adolf Goerz (BA Freiberg 1875 bis 1879) und Moritz Hochschild (BA Freiberg 1900 bis 1905) gelang es sogar, eigene Firmenimperien aufzubauen. So bewegte sich das Tätigkeitsprofil der ehemaligen Freiberger also zwischen den Polen einmaliger Einsatz und/oder globales Engagement, Festanstellung oder Selbständigkeit. Ein Wechsel von Beschäftigungsverhältnissen war aber ebenfalls nicht ausgeschlossen.

Im rechnerischen Durchschnitt erstreckte sich der berufliche Einsatz der Absolventen auf jeweils „1,5“ Kolonien der damaligen Kolonialmächte, also Belgiens, Deutschlands, Frankreichs, Großbritanniens, der Niederlande, Portugals und Spaniens (Abb. 3). Weit darüber lag mit seinen beruflichen Lebensstationen beispielsweise der 1865 in Schaffhausen geborene Hans Eugen Stierlin (BA Freiberg 1885 bis 1890[?]), der nach seinem Studium eine unglaubliche weltweite Reisetätigkeit entfaltete. Er hielt sich u. a. in Australien, Indien, Russland und in den USA auf. Anfangs



Abb. 3: Diamantfeld Martapura, Borneo, Abteufen eines kleinen Schachtes, Foto Karl Helbig, UAF Foko 60/61

war er für ein britisches Unternehmen in Deutsch-Südwestafrika tätig. Im Transvaal ist er als Betriebsleiter für diverse Unternehmen der Montanwirtschaft nachweisbar. Später trat er als Gutachter in Erscheinung und bewertete global diverse Lagerstätten. Ob auf diese oder eine andere Weise: Die Freiberger scheinen in ihren Betätigungsfeldern eine gute, ihre Arbeit- oder Auftraggeber mehr als zufriedenstellende Arbeit geleistet zu haben.

Es gilt als zwischenzeitliches Fazit erstens festzuhalten, dass die Bergakademie keine Absolventen gezielt für einen Dienst in Kolonien ausbildete. So betätigten sich die meisten Bergingenieure im eigenen Herkunftsland oder aber sie taten in ganz unterschiedlichen unabhängigen Staaten ihren Dienst. Aber Fakt war: Die an der BA erworbenen Fachkenntnisse prädestinierten die ehemaligen Freiberger ebenfalls für den Einsatz in jedweder Kolonie mit gewinnbaren Bodenschätzzen, bestand doch gerade in den Industrieländern seit dem 19. Jahrhundert ein enormer Hunger nach Rohstoffen. Zweitens wussten die Hochschullehrer um die Tätigkeit in Kolonien. Sie billigten, ja unterstützten ihre ehemaligen Studenten. Ethische Probleme scheinen auch die Professoren nicht gesehen zu haben. Darin drückt sich zugleich eine breiten deutschen Bevölkerungskreisen immanente Geisteshaltung aus, die sich entweder in der Befürwortung der Existenz von Kolonien oder zumindest in ihrer schweigenden Billigung manifestierte. Konträr geführte zeitgenössische Debatten über die Tätigung der Bergingenieure in Kolonien sind bisher jedenfalls nicht bekannt. Drittens spielten die Montanwissenschaften eine Art Vorreiterrolle bei der wissenschaftlich determinierten Nutzung des Potenzials von Kolonien. Denn Fachleute, die in der sächsischen Bergstadt ihre Qualifikation erhalten hatten, wirkten bereits seit dem späten 18. Jahrhundert in der Montanwirtschaft spanischer und portugiesischer Kolonien Lateinamerikas. Damit ergab sich zugleich die Einsicht, dass die bisherige Hochschulforschung in Deutschland in Bezug auf den Kolonialismus ihre Ansätze inhaltlich, zeitlich und räumlich neu denken muss. Lediglich Helge Wendt, der den Kohlebergbau auf Kuba in der Zeit seiner temporär größeren Bedeutung im 19. Jahrhundert in den Fokus nahm, war bereits vor ei-

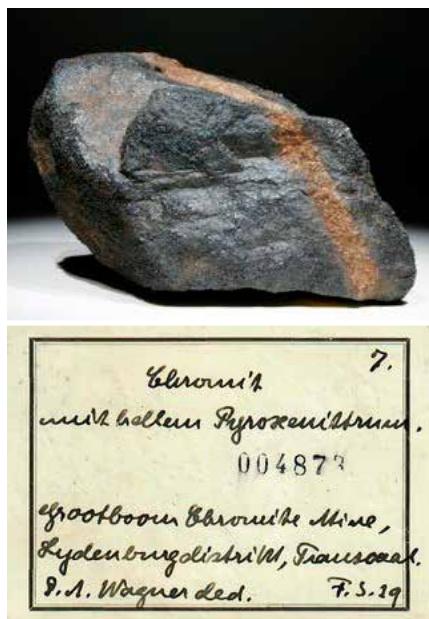


Abb. 4: Geschenk von Percy Albert Wagner an die Bergakademie Freiberg: Chromit mit Pyroxenitband. Mashishing, Provinz Mpumalanga, Südafrika. 11,5 x 7 x 5 cm. Lagerstätten-Sammlung, TU Bergakademie Freiberg. Inv.-Nr.: LaSa36199. Foto: Andreas Massanek

nigen Jahren zu über den damaligen Sachstand der Forschung hinausweisenden Schlussfolgerungen gelangt. Dieser Autor hatte sich einerseits mit den biographischen Daten der wichtigsten Akteure befasst – und andererseits das breite und globale Netzwerk an der Schnittstelle von Wirtschaft und Wissenschaft dargelegt.<sup>1</sup> Außerdem geben die gewonnenen Erkenntnisse einen deutlichen Fingerzeig darauf, dass das koloniale Engagement weit über die Ausbildung von Verwaltungsexperten hinausging. Des Weiteren erwies sich der Wissenstransfer in die Kolonien keineswegs als Einbahnstraße. Das aus Sachsen transferierte Knowhow wurde durch die berufliche Tätigkeit und die dabei gewonnenen Erfahrungen relativiert und auf ein höheres Niveau gehoben. In Form von Publikationen, Vorträgen oder auch der Lehrtätigkeit einiger Protagonisten, in die eigene und Erkenntnisse Dritter einflossen, oder aber etwa auch durch Zusendung von Mineralien für die geowissenschaftlichen Sammlungen der Bergakademie konnten die montanwissenschaftliche Lehre und Forschung in der Heimat weiter qualifiziert werden (Abb. 4). Von den

<sup>1</sup> Wendt, Helge: 10 Coal Mining in Cuba: Knowledge Formation in a Transcolonial Perspective. In: Wendt, Helge (Editor): The Globalization of Knowledge in the Iberian Colonial World. Berlin 2016. (Edition Open Access)

vier Freiberger Professoren mit ‚kolonialen‘ Erfahrungen ließ beispielsweise Richard Beck seine 1905 in Südafrika im Rahmen einer Reise gewonnenen Einblicke in die dortigen Gold- und Diamantfelder in die dritte Auflage seines Grundsatzwerks über die Erzlagerstätten einfließen. Hinzuweisen ist außerdem auf eine ganze Reihe von Erfindungen der Freiberger Absolventen, so die Konstruktion einer Aufbereitungsanlage für Diamantsand und die Entwicklung eines neuen Schmelzverfahrens. Als eine weitere neue Einsicht erwies sich die Betätigung von Absolventen auch anderer deutscher Hochschulen mit mehr oder minder starker montanfachlicher Prägung in einigen der damaligen Kolonien. So schlugen beispielsweise Bergingenieure auch solcher akademischer Lehranstalten, wie der Bergakademie Clausthal, den Weg in Kolonien ein. Hans Merensky (1871–1952), der im Süden Afrikas zu enormem Reichtum und hohem Ansehen gelangte, hatte an der TH Breslau und der Bergakademie Berlin sein Fachwissen erworben.

Es ist auch zu konstatieren, dass die in Sachsen ausgebildeten Bergingenieure als hochqualifizierte Experten, sozial gesehen, zu den Eliten gehörten und Teil des Kolonialsystems waren. Die Erträge der Montanwirtschaft, hinter der sich eben auch die berufliche Tätigkeit der Bergingenieure verbarg, kamen den Investoren aus den Industrieländern und den „Mutterländern“, im Wesentlichen aber nicht der indigenen Bevölkerung zugute. Das ganze koloniale System beruhte letztlich auf Menschenverachtung und Missachtung des Selbstbestimmungsrechts der Völker. Bei der Auseinandersetzung mit den Erscheinungen des Kolonialismus sind diese Schattenseiten herauszuarbeiten, ohne dabei jedoch in eine Schwarz-Weiß-Malerei zu verfallen.

Diese kurze Darstellung beruht auf den Erkenntnissen, die der Verfasser in seiner in diesem Jahr erschienenen Monographie darlegen konnte: Ulrich Thiel: Die Bergakademie Freiberg und das koloniale Montanwesen. Eine Studie über den Einsatz von Absolventen einer deutschen Hochschule in Kolonien vom Beginn des Lehrbetriebes 1766 bis zum Ausbruch des Zweiten Weltkrieges. Kiel 2022. = Kolonialismus und postkoloniale Perspektiven Band II.

# Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen vom Kriegsende 1944/1945 bis zur deutschen Wiedervereinigung am 3. Oktober 1990

## Teil II: Das deutsche Markscheidewesen in der Zeit von 1944/1945 bis 1949<sup>1</sup>

Karl-Heinz Heyne<sup>2</sup>

### Technische Hochschule Aachen

1944/45: Vorlesungen und Übungen wurden, wenn auch durch das Kriegsgeschehen stark beeinträchtigt, fortgesetzt. Am 9. September erfolgte die Räumung Aachens. Die Verwaltung der Hochschule wurde nach Dillenburg verlegt. Prof. Nehm gliederte sich mit dem Rest des Instituts dem Markscheide-Institut Freiberg an.

1946-49: Am 3. Januar 1946 wurde die Hochschule unter großen Schwierigkeiten wieder eröffnet. Die Vorlesungen und Übungen in Markscheidekunde und eine Vorlesung über angewandte Geophysik übernahm vertretungsweise Professor Dr. Mintrop aus Breslau (bis 31. März 1947 bzw. bis 31. September 1948). Am 7. Dezember 1946 kehrte Professor Nehm zurück und reichte gleichzeitig den Antrag auf seine Emeritierung ein. Er übernahm dessen ungeachtet sofort die Verwaltung und vom 1. April 1947 ab auch wieder die Vorlesungen und Übungen. Die erst später ausgesprochene Emeritierung trägt das Datum vom 1.1.1947. Im Herbst 1947 bestanden die Kandidaten Aren und Niederhofer, im Herbst 1948 der Kandidat Ladislaus Molner das Diplomexamen. Am 1. April 1948 legte Prof. Nehm seine Vertretung nieder. Prof. Dr.-Ing. Kappes übernahm sie solange, bis im Herbst 1948 Prof. Dr. Niemczyk aus Berlin vom Kultusministerium von Nordrhein-Westfalen mit der Wahrnehmung der Institutschäfte beauftragt und mit dem 1.1.1949 zum Ordinarius für Markscheidewesen und Bergschadenkunde berufen wurde.

Nach Beendigung des Krieges gab es einen so großen Andrang zum Studium, dass der „numerus clausus“ eingeführt werden musste, der die Annahme von 10 Beflissenen pro Jahr vorsah. Diese Einschränkung musste bis

auf weiteres aufrechterhalten bleiben. Die Zahl der Studenten des Markscheidefaches, über alle acht Semester addiert, beläuft sich zu dieser Zeit auf 43.

Aus diesem Institut ging u. a. hervor: O. Niemczyk „Bergschadenkunde“, Essen, 1949.

### Technische Hochschule Berlin

Im Jahr 1944 haben sich 20 Fern-Immatrikulierten zum Studium in der Fachrichtung Markscheidewesen angemeldet. Inzwischen waren aber sämtliche Studenten des Markscheidefaches zum Wehrdienst eingezogen worden.

Am 3. April 1945 verunglückte der Dozent, Markscheider Dr.-Ing. habil. Erich Emschermann auf einem Dienstflug von Weimar-Nora nach Magdeburg tödlich und wurde mit den anderen Opfern dieser Flugzeugkatastrophe auf dem Friedhof in Bernburg beigesetzt. Ein Nachruf ist im Mitteilungsheft 1948 erschienen. Der planmäßige Assistent, Markscheider Dipl.-Ing. St. Tysowskyj, promovierte im Februar 1945 mit seiner Dissertation „Über optische Feinlängenmessungen unter Tage“.

Im Herbst 1944 und im Januar 1945 habilitierten sich am Lehrstuhl der Berg- und Vermessungsrat Dr.-Ing. Dr. jur. Fritz Beyer und der Markscheider Dr. phil. H. Böttcher – ersterer mit einer Arbeit „Über die Vorausbestimmung der beim Abbau flachgelagerter Flöze auftretenden Bodenverformungen“, letzterer über „Faltungerscheinungen im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbecken“.

Aus dem Institut ging ferner die Arbeit von O. Niemczyk „Die Dynamik der Spannungswelle; ein Beitrag zur Gebirgsdruckforschung hervor“ (Glückauf, 1944, Heft 11/12).

Nach dem Ausgang des Krieges 1939/45 wurde im Sommer 1945 mit dem Wiederaufbau der bis zu 80 % zerstörten Technischen Hochschule unter dem kommissarischen Rektorat von Prof. Dr.-Ing. Schnabel begonnen.

Die Arbeiten kamen jedoch wegen Material- und Geldmangels kaum voran. Die schwierige Finanzlage des Berliner Magistratszwang zu einem weitgehenden Abbau zahlreichender Institute sowie zur teilweisen bzw. völligen Stilllegung einzelner Fakultäten und Fachabteilungen. Diesen Maßnahmen fiel u. a. unter dem Rektorat des Professors Kucharski am 1.1.1946 die Bergbauabteilung zum Opfer. Damit war der Nachfolgerin der von Friedrich II. im Jahre 1780 gegründeten Bergakademie Berlin ein ebenso unverdientes wie unerwartetes Ende bereitet worden. Versuche der nachfolgenden Rektoren Prof. Dr. D'Ans und Prof. Dr.-Ing. Apel, in den Jahren 1947 und 1948/49 die Wiedereröffnung der Bergbauabteilung in die Wege zu leiten, blieben wegen der schwierigen wirtschaftlichen Lage Berlins ohne Erfolg.

### Technische Hochschule Breslau

Im Wintersemester 1943/44 und im Sommersemester 1944 verliefen die Vorlesungen und Übungen in Markscheidekunde und Angewandter Physik ohne ernstliche Störungen. In der zweiten Hälfte des WS. 1944/45 trat dann die Katastrophe ein: In der Nacht vom 18. zum 19. Januar 1945 erfolgte der erste ernstzunehmende Luftangriff. Am 22. Januar wurde Breslau zu Festung erklärt. Auf Anordnung des Präsidenten des Reichsforschungsrats sollten die wissenschaftlichen Institute aus der Stadt verlagert werden; indessen war es für die Durchführung dieses Planes bereits zu spät. Alle wissenschaftlichen Einrichtungen und viel wissenschaftliches Material blieben zurück. Nach allen bisher erhaltenen Nachrichten sind aber die Gebäude der TH unversehrt geblieben.

Die berg- und hüttenmännische Fa-

1 Für die Zeit von 1944/1945 bis 1949 werden die „Hochschulnachrichten 1944-1949“ der Mitteilungen aus dem Markscheidewesen von 1949 übernommen.

2 Universitätsprofessor Dr.-Ing. habil. Dr.rer.oec.habil. Diplomberingenieur Hauptmarkscheider

kultät verlagerte sich zunächst an die Bergakademie Freiberg i. Sa., wo von den Bergleuten die Professoren Spackeler und Kirchberg lange noch tätig waren. Professor Mintrop kehrte in seine alte Heimat an der Ruhr zurück.

### Bergakademie Clausthal

1944: Nach Rückkehr von Prof. Relensmann aus dem Wehrdienst im Oktober 1943 konnte der seit März 1941 unterbrochene Lehr- und Forschungsbetrieb in vollem Umfang wieder aufgenommen werden. Von ihm wurden von WS 1943-44 bis WS 1944-45 außer den markscheiderischen auch die Vorlesungen in Mathematik I und II in Vertretung von Prof. Dr. König durchgeführt. Insgesamt waren 18 Studierende des Markscheidewesens immatrikuliert.

1945: Mit dem Einmarsch der Amerikaner in Clausthal am 13.4.1945 wurde der Hochschulbetrieb eingestellt. Im Frühjahr 1945 legten cand. Ing. H. Grütjen aus Oberhausen und cand. Ing. G. Schmidt aus Hersfeld bei Kassel die Diplomhauptprüfung ab.

1946: Im Sommer 1946 wurde die Bergakademie wieder eröffnet. Insgesamt waren 21 Studierende des Markscheidewesens eingeschrieben.

1947: Im April 1947 wurde dem Regierungs- und Vermessungsrat Dr.-Ing. H. Wittke, Braunschweig, ein Lehrauftrag über Rechentechnik, einschließlich Kataster- und Schätzungs- wesen erteilt.

Am 1.4.1947 schied Dipl.-Ing. Bartning als 1. Assistent aus; an seine Stelle trat Dipl.-Ing. A. Jung. Gleichzeitig wurde Dipl.-Phys. G. Jungwirth auf die Dauer von zwei Jahren mit der Wahrnehmung einer Assistentenstelle beauftragt, um kreiseltechnische Orientierungsversuche mit dem Meridianweiser durchzuführen. An dieser Entwicklung haben außerdem die Herren Prof. Dr. von Auwers, Clausthal, Prof. Dr. Lehmann, Essen, und Berg- und Vermessungsrat Dr. H. Haibach, Clausthal, teilgenommen. Im Frühjahr 1949 konnten die genannten Forschungsarbeiten zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht werden.

Im Sommer 1949 hielt Prof. Lehmann, Essen, im Großen Colloquium der Bergakademie einen Vortrag über „Die Zukunft des Ruhrbergbaus“, außerdem sprach Dr. H. Schulte über „Spannungsvorausberechnungen bei

Bergschäden“. Zum Dr.-Ing. promovierte Dipl.-Ing. G. Schmidt, Hersfeld mit der Arbeit „Die Anwendung des Anaglyphenraumbildes, unter besonderer Berücksichtigung einer Farbgebung“. Die Diplomhauptprüfung wurde von cand. Ing. A. Jung aus Dudweiler (Saar) und cand. Ing. W. Braun Göttelborn (Saar) abgelegt. Die Anzahl der Studierenden betrug 25.

1948: Die ersten Probemessungen mit dem Meridianweiser wurden durch Rellensmann und Jungwirth am 21.9.1948 auf dem Erzbergwerk Rammelsberg in Goslar durchgeführt. Die Dipl.-Berging. R. Waldura aus Saarbrücken und O. Bartning aus Beuthen legten die Zusatzprüfung für das Markscheidewesen ab. Außerdem bestanden die Diplomhauptprüfung cand. Ing. W. Wagner aus Lautenthal (Harz), K. Lindner aus Beuthen, H. Scharf aus Clausthal und J. Scholz aus Breslau. Die Anzahl der Studierenden betrug 39.

1949: Dipl.-Ing. A. Jung aus Dudweiler (Saar) promovierte mit der Arbeit „Teufenmessung unter Zuhilfenahme der Schwingungsdauer von Schachtloten“ zum Dr.-Ing. und Dipl.-Phys. G. Jungwirth aus Berlin mit der Arbeit „Der Meridianweiser, ein neuer Vermessungskreisel nebst einer Theorie über das Verhalten eines schnellen, schweren symmetrischen Kreisels bei veränderlichem Drehimpuls“ zum Dr. rer. nat. Weiterhin promovierte Berg- und Vermessungsrat Zimny, München, mit der Arbeit „Beitrag zur Frage der Vorausbestimmung von Bodensenkungen und Bodenverschiebungen bei Abbau von flachgelagerten Flözen“.

Dem Lehrbeauftragten Dr. O. Haibach aus Clausthal wurde aufgrund einer Habilitationsarbeit „Neue Wege zur Flachrissherstellung“ die venia legendi erteilt. Die 2. Assistentenstelle wurde vom 1.5. bis 1.8.1949 von Dipl.-Ing. W. Wagner wahrgenommen. Nach seinem Ausscheiden wurde dieselbe am 1.8.1949 Dipl.-Ing. K. H. Stier übertragen.

39 Studierende sind damals in der Fachrichtung Markscheidewesen immatrikuliert.

### Bergakademie Freiberg

Abgesehen von einer nur wenige Wochen dauernden Unterbrechung im Sommer 1945 konnte das Institut für Markscheidekunde seinen For-

schungsbetrieb bis Ende 1946 aufrechterhalten. Anfang 1947 verließ Herr Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Müller freiwillig Freiberg. Die Übertragung des Lehrstuhls an Herrn Prof. Lüdemann brachte nicht die erhoffte Klärung. Am 1. September 1949 übernahm Herr Prof. Dr. Karl Neubert die Leitung des Markscheideinstituts. /1/.

### Das deutsche Markscheidewesen in der Zeit von 1949 bis 1990

Die Entwicklung des Markscheidewesens in der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1990 ist durch die Veröffentlichungen in der Fachzeitschrift „Mitteilungen aus dem Markscheidewesen“ bzw. „Das Markscheidewesen“ weitgehend dokumentiert und bekannt.

In Westberlin studierte und konzessionierte **Helmut Kratzsch** unter ganz speziellen gesetzlichen und fachlichen Bedingungen nach eigenen Angaben wie folgt:

1) Nach den in der Sowjetischen Besatzungszone gültigen, d. h. weitgehend noch alten preußischen Vorschriften - als Westberliner während der Blockade: Beflissenzeit von 1.1.1949 bis 1.11.1949, verkürzt wegen Studienaufnahme (Vermessungstechnik) an der Bauingenieurschule Berlin (West) unter Anrechnung der vorangegangenen 1 ½-jährigen Praktikumszeit in einem Büro eines Öffentlich bestellten Vermessungsingenieurs in Berlin-Neukölln; Mündliche Abschlussprüfung: 19.11.1949 bei der Technischen Bergbauinspektion in Berlin-Ost, DDR-Ministerium für Industrie (gez. Hilbig/Hatzfeld); Bergmännischer Teil, halbjährig: Steinkohle drei Monate in Zwickau, ESTAV; ein Monat Kalisalz Staßfurt, Berlepsch-Maibach; zwei Monate Braunkohle im Tagebau Höttensleben bei Helmstedt; Markscheiderischer Teil, halbjährig: Markscheiderei der Braunschweigischen Kohlenbergwerke in Helmstedt (Ma. Wagner), Braunkohle-Tagebau. Rechtsvorschriften der Konzessionserteilung am 27.12.1957 durch OBA Clausthal:

§1 der preuß. Markscheider-Ordnung vom 23.3.1923

§1 der Braunschweigischen Markscheider-Ordnung vom 20.10.1928

<p>und §7 der Vorschriften über Ausbildung u. Prüfung der Markscheider vom 28.3.1934.</p> <p>2) Markscheiderische Probezeit von 12.6.1956 bis 28.2.1957 in der Markscheiderei der Zeche Hannover-Hannibal, Steinkohle, in Bochum (Ma. W. Hoffmann). Dort drei Probearbeiten unter Aufsicht des OBA Dortmund</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorarbeiten und Durchführung der vom Unternehmensverband Ruhrbergbau erbetenen Gebirgstemperatur-Messungen;</li> <li>• Vergleich der Ergebnisse der Ausgleichung unserer Nivelllementsnetze nach Aner, Gauß und Friedrich;</li> <li>• Vorschläge für zweckmäßigen Schrankordnung und Registratur aller Unterlagen der Markscheidereien aller drei Schachtanlagen.</li> </ul> <p>3) Oberbergamtszeit März/April 1957 in Clausthal.</p> <p>4) Konzessionsarbeit während der Probezeit Mai-August 1957 bei Erzbergbau Salzgitter (Ma. Schleier) über Auswirkung eines zukünftigen Eisenerzabbaus unter dem zum Hüttenwerk Salzgitter führenden Mittelland-Stichkanal.</p> <p>Ab 1.9.1957 Wissenschaftlicher Assistent am Markscheide-Institut der TU-Berlin unter Prof. Dr. Hilbig.</p> <p><b>Joachim Leonhardt</b> studierte ab 1951 unter den schwierigen Bedingungen eines Fernstudiums an der Bergakademie Freiberg bei Professor Dr.-Ing. habil. Karl Neubert in der Fachrichtung Markscheidewesen und Bergschadenkunde. Anschließend arbeitete er in einem Freiberger Bergbau-Projektierungsbetrieb als Projekt ingenieur sowie als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bergakademie Freiberg bei Professor Neubert, bis er noch vor dem Mauerbau 1961 die damalige DDR aus persönlichen Gründen verließ, obwohl er von Professor Neubert als sein Nachfolger auserkoren war.</p> <p>Neben diesen hervorragenden jungen Markscheidern sollen an dieser Stelle noch weitere Namen genannt werden, denen das Verdienst zukommt, für den Rest des verbliebenen Deutschlands, nämlich die ursprünglich vier Besatzungszonen und die vier Sektoren Berlins, alles getan zu haben, um EIN Markscheidewesen in Deutschland zu erhalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dr. Oskar Niemczyk</b>, früher o. Professor an der RWTH Aachen: Er gab sein Standardwerk „Bergmännisches Vermessungswesen“ im Ost-Berliner Akademie-Verlag heraus. Sein Bestreben war es, dieses Werk „gesamtdeutsch“ zu gestalten. Hierzu schreibt er auf 94 Seiten des 1. Halbbandes von Band III: „Die ... Anwendungen und Beispiele sind somit in ganz Deutschland bedeutungsvoll“. Mit Kollegen von der Bergakademie Freiberg pflegte er Kontakt, indem er z. B. Mitte der fünfziger Jahre mit Professoren der Bergbau-Fakultät und Studierenden des Bergbaus und des Markscheidewesens höherer Semester über Arbeiten der Forschungsgemeinschaft „Neumühl“ zur Erforschung von Gebirgsschlagursachen berichtete.</li> <li>• <b>Dr. Herbert Innerling</b>, früher Direktor bei der Hoesch AG Bergbau, Essen, und langjähriger Vorsitzender des ständigen Arbeitsausschusses Markscheidewesen im Normenausschuss Bergbau (FABERG). Er legte Wert darauf, dass in diesem Arbeitskreis auch die Interessen der mitteldeutschen Markscheider vertreten werden. Deshalb wurde zu allen Sitzungen Professor Neubert von der Bergakademie Freiberg eingeladen und erhielt auch alle relevanten Unterlagen. Zu dem vom Ost-Berliner Akademie-Verlag herausgegebenen Standardwerk „Bergmännisches Vermessungswesen“ von O. Niemczyk lieferte er einen umfangreichen Beitrag aus der betrieblichen Praxis.</li> <li>• <b>Dr. Peter Rack</b>, erst Werksmarkscheider auf der Schachtanlage Monopol in Bergkamen, dann stellvertretender Hauptabteilungsleiter für Markscheidewesen und Bergschäden bei der Bergbau AG Westfalen, Dortmund. Schon vor diesen Tätigkeiten war er, noch im Siegerländer Eisenerzbergbau tätig, mit Normungsfragen befasst. So oblag ihm die Neubearbeitung von DIN 21943 Lagerstättenarchiv Erzbergbau, die Abstimmungen mit den Verhältnissen im Erzbergbau der DDR erforderte. Hierzu lagen dem FABERG Unterlagen von Prof. Neubert vor, die in intensiven Gesprächen mit Dr. Leonhardt, der selbst im Erzbergbau (Uran, Blei, Zink, Eisen) gearbeitet hatte, für die Normung abgestimmt wurden. Dr. Rack trat im FABERG die Nachfolge von Dr. Innerling an und führte die Arbeiten im gleichen Sinne fort.</li> <li>• <b>Dr. Heinrich-Eberhard Stolte</b> wurde Nachfolger von Dr. Rack, sowohl als Werksmarkscheider auf der Schachtanlage Monopol in Bergkamen und nach dessen Pensionierung auch als Vorsitzender des ständigen Arbeitsausschusses Markscheidewesen im Normenausschuss Bergbau (FABERG). Er wurde mit seiner Dissertation, die die optimale Darstellung der Grubenbaue im Risswerk zum Inhalt hatte, von der TU Berlin zum Dr.-Ing. promoviert und schaffte damit, aufbauend auf den bewährten bisherigen Darstellungen, Grundlagen, die voll in die Normung übernommen werden konnten. Die Arbeiten seines Vorgängers führte er konsequent in sechs ständigen Arbeitskreisen des Arbeitsausschusses mit aus allen Bergbauzweigen delegierten Markscheidern weiter, so dass die gesamte Neubearbeitung der Normen für das Bergmännische Risswerk zum Abschluss kommen konnte. Auch er legte großen Wert darauf, die Fachkollegen in der ehemaligen DDR vom Fortgang unserer Normungsarbeiten zu unterrichten, bei denen unsererseits auch die in der DDR herausgegebenen Standards TGL 6429 besorgt und berücksichtigt wurden.</li> <li>• <b>Dr. Joachim Leonhardt</b>, apl. Professor an der TU Clausthal, früher: ständiger Vertreter des Dezernatsleiters für Kohlengrundlagen, Markscheidewesen und Gebirgsschlagverhütung des Steinkohlenbergbauvereins mit Handlungsvollmacht und Fachbereichsleiter für Markscheidewesen bei der Bergbau-Forschung GmbH, Essen, war fast drei Jahrzehnte lang Geschäftsführer des ständigen Arbeitsausschusses Markscheidewesen im Normenausschuss Bergbau (FABERG). Gegen manche Widerstände bestand er darauf, dass Kollegen aus der</li> </ul>
--

DDR in die Normungsarbeiten des FABERG-Ausschusses eingezogen werden, um das Bergmännische Risswerk auch weiterhin auf eine gemeinsame Grundlage stellen zu können. Er sorgte dafür, dass Prof. Neubert, der Mitglied des Arbeitsausschusses war, auch in diesem verblieb und zu allen Sitzungen auch dann noch eingeladen wurde, als die Abspaltungstendenzen der DDR ständig zunahmen. Auch alle relevanten Normungsunterlagen erhielt Prof. Neubert. Nach dessen Pensionierung wurden sein Nachfolger als Institutsdirektor des Instituts für Markscheidewesen und Bergschadenkunde an der Bergakademie Freiberg, Prof. Heinz Meixner, und der im Rahmen der Kammer der Technik für die Standardisierung im Markscheidewesen zuständige Kollege Dr. Günther Müller aus Altenberg zu Ausschussmitgliedern berufen. Auch ihnen wurden alle Einladungen und relevanten Unterlagen zugestellt. **Horst Michaely** war erst Mitarbeiter von Dr. Leonhardt und übernahm im Jahre 1990 die Geschäftsführung des ständigen Arbeitsausschusses Markscheidewesen im Normenausschuss Bergbau (FABERG).

- **Dr. Heinz Meixner**, früher: Institutsdirektor des Instituts für Markscheidewesen und Bergschadenkunde an der Bergakademie Freiberg. Er war im FABERG-Ausschuss „Markscheidewesen“ Nachfolger von Prof. Neubert und hat auch an Kongressen in Westdeutschland teilgenommen. Erst durch eine bei ihm noch vorhanden gewesene Umbruchkorrektur aus dem Jahre 1968 zum 2. Halbband des Bandes III von Niemczyks Standardwerk, die er freundlicherweise zur Verfügung stellte, wurde es möglich, das Werk von Niemczyk zum Abschluss zu bringen.
- **Dr. Günther Müller**, für die Standardisierung im Markscheidewesen im Rahmen der Kammer der Technik zuständiger Bearbeiter in der DDR: Er wurde als ständiges Mitglied in den Arbeitsausschuss Markscheidewesen im Normenausschuss Bergbau (FABERG) berufen, zu den Sitzungen eingeladen und erhielt alle relevanten Unterlagen.

• **Dr. Otto Haibach**, früher: apl. Professor an der TU Clausthal und Werksmarkscheider auf der Schachtanlage Zollverein in Essen. Er arbeitete aktiv am Standardwerk von O. Niemczyk mit.

• **Dr. Paul Hilbig**, früher: Mitglied in der Wirtschaftskommission für die sowjetische besetzte Zone Deutschlands, dann: o. Professor an der TU Berlin. Wie auch Prof. Neubert war er bestrebt, für die Zulassung als Markscheider möglichst gleichartige Voraussetzungen in der DDR wie in Westdeutschland zu schaffen. Hierfür nahm er Einfluss auf die Formulierung der rechtlichen Grundlagen, als er noch in der DDR tätig war. Nach dem Tod von Prof. Niemczyk gelang es ihm, den 1. Halbband des Bandes III des Standardwerks von Prof. Niemczyk, trotz großer Widerstände, herauszugeben.

• **Dr. Otto Rellensmann**, früher: o. Professor an der Bergakademie Clausthal. Gegenseitige Besuche von Studenten des Markscheidewesens von der Bergakademie Clausthal und der Bergakademie Freiberg für die Dauer von etwa 1 Woche/Jahr (bis zum Bau der Mauer) wurden durch ihn und Prof. Neubert, Freiberg, organisiert.

• **Dr. Karl Neubert**, früher: o. Professor an der Bergakademie Freiberg. Gegenseitige Besuche von Studenten des Markscheidewesens von der Bergakademie Freiberg und der Bergakademie Clausthal von etwa 1 Woche/Jahr (bis zum Bau der Mauer).

### Die Anerkennung von Markscheidern (Ost) in der Bundesrepublik

Eine letzte Hürde bei der Wiedervereinigung der deutschen Markscheiderschaft musste bei der Anerkennung von Markscheidern aus den neuen Bundesländern in den alten Bundesländern genommen werden. Unter der Federführung des Landesoberbergamtes NRW mit seinem Leitenden Bergvermessungsdirektor Dipl.-Ing. Karl-Heinz Kunert wurden vom Länderausschuss Bergbau der Bundesrepublik Deutschland „Grundsätze für die Anerkennung von Markscheidern, die in der ehemaligen DDR zugelassen sind, in den ursprünglichen Ländern der BRD“ erarbeitet und verabschie-

det. Damit war der Weg geebnet, dass ein Markscheider „Ost“ nach Absolvierung einer zweimonatigen ergänzenden Ausbildung mit anschließender Zusatzprüfung die Anerkennung als Markscheider in einem alten Bundesland erwerben kann.

Die erste ergänzende Ausbildung dieser Art fand in der Zeit Juni/Juli 1991 am Landesoberbergamt NRW statt. Das Ziel dieser ergänzenden Ausbildung war die Ausgleichung fehlenden Fachwissens, insbesondere auf dem Gebiet des Bundes- und Länderrechts. Hierfür wurden gezielte Förderkurse mit intensiver Betreuung durch die Fachdezernenten des Landesoberbergamts auf der Grundlage eines detaillierten Unterrichtsplans durchgeführt. Ein durch theoretische Unterweisungen ergänzter Einblick in die Tätigkeit der für Markscheider wichtigen Dezernate des Landesoberbergamts bildete den Schwerpunkt der ergänzenden Ausbildung. Letztere wurde durch gezielte Fachexkursionen in Bergschadensgebiete, Schächte des Steinkohlenbergbaus, Tagebaue des Braunkohlenbergbaus sowie durch den Besuch des Instituts für Lagerstätte und Vermessung bei der Deutschen Montan-Technologie und der Wissenschaftlichen Tagung des Deutschen Markscheider-Vereins vorteilhaft aufgelockert.

Insgesamt gesehen war der zweimonatige Aufenthalt am Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen für die Teilnehmer ein außerordentlich großes fachliches und menschliches Erlebnis. Hierfür gebührt allen Beteiligten an diesem beispielhaften markscheiderischen Pilotunternehmen der herzlichste Dank!

### Quellen

- 1 Aus: Mitteilungen aus dem Markscheidewesen, 56. Jahrgang, 1949 (Jahresheft) S. 128-130
- 2 Kunert, Karl-Heinz: Die Ausbildung zum Markscheider - Versuch eines Vergleichs zwischen „Ost“ und „West“. In: Das Markscheidewesen. Jahrgang 98 (1991), Heft 4, S. 161-164
- 3 Leonhardt, Joachim Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. Markscheider, Echstenkämperweg 34, D-45277 Essen
- 4 Kratzsch, Helmut Professor Dr. Dr.-Ing. E.h. habil. Markscheider, Forststraße 34a, D-14163 Berlin

# Erinnerungsstele für das FNE Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle

Gottfried Jäckel

Das im Februar 1949 gegründete FNE war für die Planwirtschaft der DDR tätig, hat die DDR überlebt, wurde 1993 durch Management-Buy-Out (MBO) in Verbindung mit dem Engagement eines Indus-

triepartners aus Goslar und einer Beteiligungsgesellschaft der Deutschen Bank privatisiert und hat sich in den Folgejahren marktwirtschaftlich etabliert. Vor und nach der Wende pflegten FNE und TU BAF

eine enge Zusammenarbeit.<sup>1</sup> Im November 2007 erfolgte beim FNE ein Gesellschafterwechsels.<sup>2</sup> Nach einigen Jahren der Fortführung der traditionellen Tätigkeitsfelder des FNE nahm GfE einen Paradigmenwech-

**FNE**  
Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle 



Hier, im Areal zwischen Heine- und Kützstraße, befand sich von 1950 bis 2017 der Stammsitz des FNE Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle Freiberg. Weitere Standorte waren das Versuchsfeld auf der Brander Straße und das röntgenchemische Technikum auf dem Schachtweg. In der Bildmitte oben ist der ehemalige Instituts-Kindergarten zu sehen (heller Giebel). Eine neue städtische Kita steht seit 2022 auf dem Gelände des ehemaligen FNE-Hauptgebäudes.



**FNE** Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle Freiberg wurde am 19. Februar 1949 gegründet. Weil ohne Nichteisen-Metalle (kurzform: „NE-Metalle“) keine Volkswirtschaft funktioniert, ging es nach den Kriegswirren zunächst um die volle Wiederherstellung der Wirtschaft im gespalteten Deutschland und später um die ständige Weiterentwicklung des Industriezweigs Nichteisen-Metallurgie mit innovativer Zuwendung zu einheimischen Rohstoffen.

Das FNE war in industrienahe Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der NE-Metallgewinnung und der NE-Metallverarbeitung und der Werkstoffe tätig, ergänzt durch Materialdiagnosik, chemische Analytik, Isotopenanalytik, Vorrichtungs- und Sonderapparatebau sowie ein wissenschaftlich-technisches Informationszentrum für den Industriezweig. Auf Grund seiner Industriennähe übernahm das Institut auch die Fertigung spezieller Produkte in Kleinmengen.

Mit zeitweise mehr als 200 Mitarbeitern hatte sich das Institut einen nachhaltigen Namen in der Branche in Deutschland und darüber hinaus geschaffen. Nach der gesellschaftlichen Wende war es eine der größten Forschungs-GmbH in den neuen Bundesländern. Der Produktionsanteil wurde insbesondere mit Targets (Materialquelle für Dünnschichtungen), Bauteilbeschichtungen, Spezialhalbleug und Tantal-Rondons ausgebaut. Dazu wurde die Produktionsgesellschaft FREMAT (FREiburger MATerialtechnik) ausgegründet und in Brand-Erbisdorf eine neue Produktionsstätte errichtet.



Eine wesentliche Prägung erhielt das FNE Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle durch Prof. Dr. Werner Lange, der über 22 Jahre (1956-1978) als Institutedirektor tätig war. Er initiierte die Gründung eines eigenständigen Betriebes zur Fertigung von Reinmetallen sowie die Aluminium-Gewinnung aus einheimischen nichttausländischen Rohstoffen (Tonerde aus Ton).



Im Rahmen des Betriebes wurde die chemische Zusammensetzung der Targets untersucht und ermittelt, was mit über 10000 Analysen eine umfangreiche Datenbasis für die Produktion und Entwicklung der Targets bildet. Diese Datenbasis ist für die Entwicklung von Anwendungen und Produktionsverfahren von entscheidender Bedeutung.

**FNE**  
Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle 

### Wiege der Werkstoffe für Elektronik

An dieser Stelle befand sich bis 2017 das FNE Forschungsinstitut für Nichteisen-Metalle Freiberg:

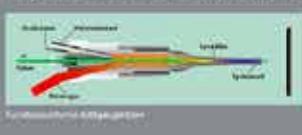
- im Februar 1949 gegründet
- für die Planwirtschaft tätig
- die DDR überlebt
- marktwirtschaftlich etabliert

Es besteht mit FNE-Know-How in den Nachfolgeunternehmen fort:

- GfE Fremat Brand-Erbisdorf
- FNE Entsorgungsdienste Freiberg
- CEP Compound Extrusion Products Freiberg

### Aus dem Wirken des FNE für die Freiberger Metallurgie-Region:

- Entwicklung von Technologien zur Hochreinigung von Metallen (u.a. Germanium, Silizium, Indium, Asen, Gallium, Antimon, Selen, Tellur sowie Verbindungsphosphide wie GaAs und InP) zumeist mit einer Reinheit von 9N (99,999%), ergänzt um den Eigenbau von Fertigungsanlagen sowie die Germanium- und Indium-Produktion und damit Grundlegung für die Fertigung von Halbleiterwertsstoffen in Sachsen mit heute weltmarktführenden Betrieben
- Aufgabe des Betriebes ist es, die in der DDR vorhandenen heimischen Rohstoffe für die Herstellung von Metallen hohen Reinheitsgrades entsprechend den Forschungsergebnissen des Forschungsinstitutes für NE-Metalle, Freiberg zu verarbeiten.“  
(Auszug aus dem Gründungsunterlagen des VEB Sperrmetalle Freiberg (1957) - später mit dem Zusatz „Wissenschaftlicher Industriebetrieb“)
- Ausarbeitung eines Verfahrensanganges für die Zink-Gewinnung (VEB Feinzink Freiberg), heutiges Betriebsgelände der Refesa Zinc Freiberg GmbH
- Nutzung der Verbostechologie für zinnarme Erze aus Altenberg zur Zingergewinnung („Fuming-Prozess“)
- in Zusammenarbeit mit dem Edelmetallbetrieb Halsbrücke Projektentwicklungen zur Edelmetall-Galvanik und Edelmetall-Rückgewinnung sowie zu Platinwerkstoffen, die bis zur Produktionsreife geführt wurden; Beispiel ist die Technologie- und Anlagenentwicklung Schaltstücke für die Starkstromtechnik (AgCdO-inneroxidiert)
- Konstruktion und Bau von Automaten für Bleileiteintelli (Produktion von Auswuchsgewichten für Motorräder in Halsbrücke)
- Neugestaltung des Wirkprozesses nach dem zukunftsweisenden SDHI-Verfahren (Anfangsbuchstaben der Familiennamen der vier Freiberger Erfinder) zur Aufarbeitung zinnhaltiger Stahlwerkstoffe für Refesa Zinc Freiberg (vormals S.U.S.)
- Entwicklung eines breiten Sortiments von Targets als Materialquelle für unterschiedliche Beschichtungszwecke (z. B. Beschichtung von Architekturteilen) und Aufbau einer Targetfabrik in Brand-Erbisdorf, seit 2006 firmierend unter GfE Fremat



Mehr Details unter [www.freiberg.de/fne](http://www.freiberg.de/fne)

sel in den Unternehmenszielen vor, der die Forcierung der innovativen Produktion und weitgehenden Verzicht auf industrielle Forschung vorgab. Dies führte schließlich zur Verschmelzung der FNE GmbH auf die Produktionsgesellschaft GfE Fremat sowie zur Aufgabe des FNE-Standortes Lessingstraße und zum Verkauf des FNE-Areals an die Stadt Freiberg. Die Stadt wiederum hat lange nach einer Weiternutzung gesucht, sich aber schließlich zum Abriss und Neubau für Wohnzwecke sowie die Erneuerung des Kindergartens entschieden.

Um ein Zeichen der Erinnerung an FNE zu setzen, hatte sich eine Initiativgruppe, bestehend aus Stadtführer Klaus Kempe, Jürgen Bellmann, Vorsitzender des Freiberger Altertumsvereins und früherer Mitarbeiter des FNE, sowie dem Autor als langjährigem geschäftsführendem Gesellschafter des FNE gefunden und sich an die Stadt Freiberg gewandt. Dort gab es offene Ohren und Zustimmung, so dass schließlich am 1. Juni 2022 eine Stele unmittelbar vor dem ehemaligen Haupteingang des FNE in der Freiberger Lessing-

straße enthüllt werden konnte. Wortlaut und Bilder auf dieser Stele sind vorstehend wiedergegeben. Im beigefügten QR-Text kann man noch mehr über die Bedeutung von Nichteisen-Metallen, das Institut und seine Nachfolgeunternehmen erfahren.

#### Literatur

- 1 vgl. Jäckel, Gottfried: Vom Silber über einen Umweg zum Silicium. Die Grundlegung der Fabrikation von Elektronik-Werkstoffen in Freiberg durch das FNE Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle Freiberg. *Acamonta* (25) 2018, S. 28
- 2 vgl. Jäckel, Gottfried u.a.: Das FNE in der Neuzeit 1990 – 2007. Eigenverlag 2009. S.243

## Der Freiberger Professor und der Bergakademist im Lichte der Uniformvorschriften des sächsischen Bergstaats (Teil 4<sup>1</sup>)

Knut Neumann

Im Kontext des Neuaufbaus des sächsischen Erzbergbaus und der Erarbeitung einer neuen bergmännischen Uniformvorschrift gibt das sächsische Oberbergamt am 23. Oktober 1933 dem Finanzministerium in Dresden Nachricht, dass es zurzeit „keine Vorschrift für die Uniformierung der Beamten und Arbeiter im sächsischen Bergbau“<sup>2</sup> gibt. Ein knappes Jahr später, am 15. September 1934, ist die sächsische Vorschrift zum Tragen einer Uniform im Bergbau erstellt. Das sächsische Finanzministerium gibt die Vorschrift „Bergmännische Kleidung für Sachsen“<sup>3</sup> mit folgender Einführung heraus:

- 1) „An der in den einzelnen Bezirken altüberlieferten Knappentracht der Bergleute wird nichts verändert.
- 2) Als Dienstrock wird ein für alle Beamten und Angestellten gleicher Bergkittel eingeführt. Rangunterschiede werden lediglich auf den Spiegeln gezeigt.
- 3) Puffjacke, Schachthut und Säbel sowie der Mantel sind, abgesehen von den Rangabzeichen, für alle Uniformgruppen gleich. Das Bergleder wird von den Bergleuten und Bergbeamten in gleicher Form getragen.

4) Die Hoheitszeichen sind der neuen Staatsform angepaßt.“

In der Uniformgruppe 2 (von 8 Gruppen) sind die „ordentlichen Professoren der Bergakademie“ eingeordnet. Den Absolventen, hier als „Bergbaubeflissene, welche den vorgeschriebenen Ausbildungsgang beendigt haben“ stand die Gruppe 7 zu. Eine Unterscheidung zwischen den Bereichen Bergbau und Schmelzwesen findet man nicht in der Vorschrift. Der Student der Bergakademie selbst ist in dieser Vorschrift ebenfalls nicht aufgeführt.<sup>4</sup> Für ihn gilt immer noch die Uniformierung von 1859, die bis zu diesem Zeitpunkt nicht aufgehoben wurde.

Getragen wurden die Uniformen nach der Vorschrift von 1934 von einigen höheren Uniformträgern bis in die 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts.

Kurz nach der Bildung der DDR gibt



Freiburger Bergststudent um 1917, Ausschnitt: Diese Mütze des Bergakademisten ist eine schwarze Kappe mit dem Schlägel und Eisen vorn. Darunter wird die weiße Gugel getragen.

Friedrich Regler, Rektor 1945-1946 in der Uniform nach den Bestimmungen von 1934 (Uniformgruppe 2)

die Regierung schon am 10. August 1950<sup>5</sup> ein Gesetz heraus, dass das Tragen einer berg- und hüttenmännischen Uniform für die im Bergbau Beschäftigten vorschreibt. Das diese gesetzlichen Vorgaben nicht im vollen Umfang umgesetzt werden konnten bzw. der Staat dies nur in den Bereichen umsetzte, die unter besonderen Einfluss standen, hatte vor allem folgende Gründe:

- Da die Zeit des III. Reiches, in der ein

5 Verordnung vom 10. August 1950 zur Verbesserung der Lage der Bergarbeiter, des ingenieurtechnischen und kaufmännischen Personals sowie der Produktionsverhältnisse im Bergbau der Deutschen Demokratischen Republik (GBl. Nr.91, S. 832) und der dazu erlassenen Durchführungsbestimmungen vom 10. August 1950 (GBl. 93 S. 847)

6 Kragenspiegel eines Originalbergkittels, historischer Uniformbestand der HFBHK.

1 Teil 1 erschien in ACAMONTA 2018, S. 163-165, Teil 2 in ACAMONTA 2020, S. 178-182, Teil 3 in ACAMONTA 2021, S. 188-193

2 BergAFG: (Landes-) Bergamt Freiberg, 40024, 09-070, Die Rangordnung des Bergstaates, in gleichen das Reglement für das Tragen der Parade- und Interims-Uniform, 1830, S. 59

3 Wie Anm. 2, S. 60

großer Teil der männlichen Bevölkerung Uniformen tragen musste, erst mehrere Jahre zurücklag, bestand eine Affinität gegen jede Art der Uniformierung.

- Man wollte von dem geringen Lohn nicht Geld für eine Kleidung der „Präsentation“ ausgeben.
- Vor allem die Einteilung in Ränge sah man als eine Verbindung zur Armeeuniform und diese hatten viele doch eben erst ausgezogen.
- Obwohl mit dem Gesetz alle bisherigen sächsischen Uniformenvorschriften nicht mehr gültig waren, wurde die Uniform von 1934 in einigen Fällen noch einige Jahre weitergetragen.

Aus den formulierten Vorschriften<sup>7</sup> kann man dreizehn Rangklassen ablesen, die durch die Gestaltung der links und rechts auf dem Kragen bzw. am unteren Teil des linken Ärmels aufgenähten Spiegeln sichtbar waren. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal war die Farbe der Kordel-Mützenschnur und der Knöpfe. Ab der Rangklasse acht waren Kordel, Symbole, Eichenkranz und Knöpfe golden, darunter silbern und in den untersten vier Klassen schwarz. Aus der Vorschrift ergeben sich für die Bergschüler, Studenten und Mitarbeiter der Bergakademie folgende Einteilungen:

### Rangklasse 1 (Stufe I)

„Berufsgrad: Bergschüler, aber auch Bergarbeiter ohne Qualifikation, Hilfsarbeiter an der Bergakademie“

Biesenfarbe: Rot für Hütte, Gelb für Bergbau. Mützenschnur und Knopffarbe schwarz. Symbolmetallfarbe: Silbern. Auf dem linken Unterarm befindet sich ein schwarzer Samtspiegel ohne Verzierungen.

### Rangklasse 2 (Stufe II)

„Berufsgrad: Studenten der Bergakademie Freiberg in den beiden ersten Semestern“

Wie Stufe I, jedoch befindet sich auf dem linken Unterarm ein schwarzer Samtspiegel mit einem Streifen in Gelb oder einem Winkel in Rot.

### Rangklasse 3 (Stufe III)

„Berufsgrad: Studenten der Bergakademie Freiberg nach dem zweiten Semester“

Wie Stufe I, jedoch befindet sich auf



1: Kragenspiegel des Bergkittels in der Größe von „dreieinhalb zu sieben Zentimeter“, der Gruppe 7 von 1934 (Bergbaublissene)<sup>5</sup>, Foto: Knut Neumann

2: Gelbe Streifen am linken Ärmel der Jacke; Foto: Knut Neumann;

3: Rote Winkel am linken Ärmel der Jacke, Zeichnung: Knut Neumann

4: Kragenspiegel der Rangklasse 6, im den Bereichen Ministerium, FDGB, Partei<sup>8</sup>, Foto: Bernd Torchala

dem linken Unterarm ein schwarzer Samtspiegel mit zwei Streifen in Gelb oder zwei Winkeln in Rot.

### Rangklasse 4 (Stufe IV)

„Berufsgrad: Studenten der Bergakademie Freiberg nach dem vierten Semester“

Wie Stufe I, jedoch befindet sich auf dem linken Unterarm ein schwarzer Samtspiegel mit drei Streifen in Gelb oder drei Winkeln in Rot.

### Rangklasse 5 (Stufe U I)

„Berufsgrad: Brigadier, Lehrmeister, Techniker, Gruppenleiter kleinerer Bereiche, Fachschulabsolventen.“

Kennzeichen: „Schwarzer Samtspiegel ohne Band auf dem Rockumschlag, mit entsprechender Biese, darauf einmal gekreuzte Symbole (Forkel, Stecheisen und Kratze für Hütte, Schlägel und Eisen für Bergbau) im Eichenkranz, Mützenschnur in Silber.“ Biesenfarbe: Rot für Hütte, Gelb für Bergbau, Blau für Ministerium, Gewerkschaft und Partei. Mützenschnur, Knopf-, Eichenkranz- und Symbolmetallfarbe: Silber.

### Rangklasse 6 (Stufe U II)

„Berufsgrad: Steiger, Obermeister, Betriebsingenieur, Gruppenleiter großer Bereiche, Hochschulabsolventen, Lehrkräfte, Assistenten und wissenschaftliche Mitarbeiter der Ingenieurschulen.“

Kennzeichnung: „Schwarzer Samtspiegel ohne Rand auf dem Rockaufschlag, mit entsprechender Biese, darauf zweimal gekreuzte Symbole im Eichenkranz.“

Für den Rektor der Bergakademie, galten die Vorschriften für die Klasse neun (Stufe M II):

Kennzeichnung: „Schwarzer Samtspiegel ohne Rand auf dem Rockaufschlag, mit entsprechender Biese, darauf zweimal gekreuzte Symbole im Eichenkranz in Gold, Mützenschnur in Gold.“ Dazu auch die Knöpfe in Gold.

Getragen wurde die „Bergmannsuniform“ der DDR, die offiziell als Ehrenkleid der Berg- und Hüttenleute bezeichnet werden sollte, zu besonderen Anlässen, wie zu Auszeichnungen, Demonstrationen, Festumzügen, Paraden und zur Präsentation auf offiziellen Fotos. Anlässlich der Auszeichnung zum „Aktivisten der sozialistischen Arbeit“ wurde dem Autor 1981 vom damaligen Bergbau- und Hüttenkombinat „Albert Funk“ Freiberg, eine seinem „Dienstgrad“ entsprechende Uniform kostenlos zu Verfügung gestellt. Die Einkleidung erfolgte in einem Lager, welches sich im Betrieb Sächsisches Metallwerk auf der Zuger Straße in Freiberg befand. Getragen wurde die Kleidung vom Autor später nur zu zwei, drei offiziellen Veranstaltungen.

In vielen Betrieben und Institutionen hat sich schon sehrzeitig der Wunsch herausgebildet zu zeigen, wo der Träger der Uniform beschäftigt war. So wurden Aufnäher entworfen, die in den meisten Fällen auf dem oberen Teil des linken Ärmels angebracht wurden.

Eine, sehr frühe aber nicht eine der ersten Institutionen war die Bergakademie Freiberg, deren Leitung schon am 1. August 1951 in der Senatssitzung das Thema „Ehrenschild“ behandelte.<sup>9</sup> Durchgesetzt hat sich später das längs-

<sup>7</sup> Berufsabzeichen am Bergmannsgehrenkleid, Zeitschrift „Glück auf“, Organ des Zentralvorstandes der IG Bergbau-Energie, Nr. 10/87, 11. Mai 1987, S. 8

<sup>8</sup> Uniformbestand der Historischen Freiberger Berg- und Hüttenknappschaft e.V.

<sup>9</sup> TU BAF, Universitätsarchiv: I, A, 251, „Bergmannstrachten“, Bl. 249

gestreifte schwarz-rot-goldene, schwarz unterlegte Schild mit goldenem Schlägel und Eisen und dem Text „Bergakademie Freiberg“. Dieses Ärmelschild durften sämtliche Angehörige der Bergakademie tragen. Den Dekanen und Prorektoren war ein Schild in Silber und für den Rektor eins in Gold vorgeschrieben.

Aus dem Aktentext erfährt man aber auch, dass für die Ingenieurschulen zu dieser Zeit bereits Aufnäher vorhanden waren.



Abzeichen der Bergakademie<sup>10</sup>

Nach 1990 wurde das Ehrenkleid innerhalb der Historischen Freiberger Berg- und Hüttenknappschaft e.V. (HFBHK), mit einem Ärmelaufnäher „Hist. Freiberger Berg- und Hüttenknappschaft e.V.“ und dem Freiberger Stadtwappen auf dem Oberarm, weiter genutzt.

So dient die als Ehrenkleid bezeichnete Uniform noch heute den Mitgliedern der HFBHK, die keinen Berg- bzw. Hüttenkittel besitzen, als Vereinskleidung - vor allem auf Reisen und zu den Veranstaltungen, zu denen keine Paradekleidung getragen wird.

Besonders häufig sah man Beschäftigte der Montanbetriebe in den schwarzen Uniformen bei Aufzügen zum Tag des Bergmanns, zur Demonstration am 1. Mai oder zu Stadtfesten. So geben Bilder vom Festumzug zum Bergmannstag am 4. Juli 1957 in Freiberg<sup>11</sup> darüber Auskunft. Doch auch Teilnehmer in historischen Uniformen, die aus Beständen der Stadt, des Museums und der Hütten-

10 Wie Anm. 8

11 <https://www.youtube.com/watch?v=PtO9LqMjdCA&feature=share>



Schriftband auf dem rechten Ärmel der Kleidung der HFBHK<sup>11</sup>



Ärmelaufnäher auf dem rechten Ärmel der Kleidung der HFBHK<sup>12</sup>



Festumzug Tag des Bergmanns 1954 Burgstraße Freiberg, Archiv Knut Neumann



Der Freiberger Professor Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier in der Uniform nach den Vorschriften von 1768

betriebe eingekleidet wurden, sah man an solchen Tagen.

Begonnen hatte alles mit den Uniformfestlegungen durch Heynitz im Jahr 1768. Ab dieser Zeit trugen Professoren, Lehrer, Angestellte und Studenten der Akademie die ihrem höchsten Dienstgrad zustehende Uniform.



Prof. Friedrich Leutwein im Bergkittel nach der Vorschrift von 1934

Nachdem die Bergbehörde im Jahr 1865 die Festlegungen zum Tragen der Uniformen im sächsischen Montanwesen aufhob, wurden weiterhin von vielen die bis dahin gültigen Uniformen getragen. Es ist auch bekannt, dass Beschäftigte der Akademie, die zuvor in anderen Bergrevieren tätig waren, ihre dort vorgeschriebene Uniform hier in Freiberg mit Stolz trugen.

Als 1934 für ganz Deutschland eine einheitliche Bergmannsuniform eingeführt wurde<sup>14</sup>, ließ man die Studenten außen vor. Für sie galten damit weiterhin die Vorschriften von 1859. Prof. Friedrich Regler trug noch nach 1945

12 Wie Anm. 8

13 Wie Anm. 8

14 „Vorschrift über die bergmännische Kleidung“ Erlassen vom Sächsischen Finanzministerium am 15. September 1934, Nr. 945a Berg A/34“

zur Ehrenkette seines für einen Professor der Bergakademie im Jahr 1934 vorgeschriebenen Bergkittel. Die ihm als Professor zustehende Rangklasse II. kann man auf dem Kragenspiel („*Engefaßt mit 3 mm breiter goldener Kordel, am vorderen Ende mit schmaler Goldsägestickerei, blankgoldener Eichenlaubstickerei und sechs Eichenlaubblättern*“) erkennen.

Auch Prof. Friedrich Leutwein (Rektor 1949-1953) ließ sich im Bergkittel nach der Vorschrift von 1934 als Rektor abbilden. Dessen Nachfolger, Prof. Helmut Kirchberger (1953-1955) ist der erste Rektor im Ehrenkleid der DDR. Er trägt auf dem Ärmel der Jacke das Bergakademieabzeichen.

Weitere folgten, so Prof. Otto Meißner (1955-1957), Prof. Oscar Oelsner (1959-1961) bis zu Prof. Dietrich Stoyan (1991-1997).



Prof. Dr. Horst Gerhard im Ehrenkleid Stufe M II „zweimal gekreuzte Symbole im Eichenkranz in Gold“

Prof. Georg Unland ist der Erste, der als Rektor nach 1990 seine Verbindung zu den Traditionen der Bergakademie untermauert, indem er sich auf dem offizielle Bild des Rektors (2000-2008) im Bergkittel fotografieren ließ. Auch Prof. Meyer zeigte mit Stolz auf „seinem“ Rektorbild die Verbindung zum Montanwesen.

Am Schluss der Artikelserie sollen vier ehemalige Studenten, Absolventen bzw. Beschäftigte der Bergakademie zu Wort kommen.

Dr. Eberhard Pönitz, ehemaliger Mitarbeiter (Hochschuldozent) der Berg-



Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer im Bergkittel

akademie Freiberg, seit 1994 in der Uniform des Häusers Mitglied der HFBHK, erinnert sich an seine erste Bergmannsuniform wie folgt:

„Zum Studienbeginn an der Arbeiter- und Bauernfakultät in Freiberg im Jahr 1956 musste ich mir, wie jeder andere Teilnehmer eine Bergmannsuniform, das Ehrenkleid, anschaffen. Für 110 Mark wurde uns der Anzug per Ratenzahlung zur Verfügung gestellt. Ein geringer monatlich zu zahlender Betrag wurde vom Stipendium abgezogen. Als Rangabzeichen durften wir ein silbernes Schlägel- und Eisen-Abzeichen oder die Hütteninsignien mit Eichenkranz tragen. Zur Unterscheidung trugen die Bergleute gelbe und die Hüttenleute rote Biesen an den Hosen, der Mütze und den Kragenspiegeln. Die Knöpfe waren einheitlich silbern mit Schlägel und Eisen. Am linken oberen Ärmel befand sich ein schildartiger Aufnäher, der auf die Bergakademie hinwies.“

Diese Uniform war zu tragen an staatlichen Feiertagen (1. Mai, Tag des Bergmanns, Tag der Republik), zu bestimmten „befohlenen“ Anlässen, so beim Besuch von Otto Grotewohl zum Berg- und Hüttenmännischen Tag 1958. Weiterhin wurde bei Prüfungen, Zeugnisausgaben und akademischen Festveranstaltungen z. B. Immatrikulationsfeier, die schwarze Uniform getragen.“

Ähnliches berichtet Dr. Karl-Heinz Eulenberger der nach der Lehre in Freiberg studierte und nach dem Studium

bis zu seinem Ruhestand an der Akademie arbeitete:

„Meine erste Uniform musste ich mir als Berglehrling des VEB Steinkohlenwerk „Martin Hoop“, Zwickau für, wenn ich mich noch richtig erinnere, 120 Mark kaufen. Dafür wurden mir monatlich 10 Mark vom Lehrlingsgeld abgezogen, bei anfänglich 120 Mark/Monat. Diese Uniform wurde viel getragen, weil wir damals wenig andere Garderobe hatten und sie deshalb oft nutzten. Genau erinnere ich mich z. B. daran, als ich 1952 mich erstmals in Leipzig mit der Uniform bei meinen im Haus mit wohnenden Großeltern stolz vorstelle und meine Oma zu mir sagte: „Junge bis du jetzt bei der SS?““

Die zweite Uniform musste ich 1955 als ABF-Student kaufen, diese wurde von einem Schneider in der Külzstraße oberhalb vom Tivoli in Freiberg auf Maß geschnitten. Sie kostete nach Erinnerung damals 180 Mark.

Es waren die normalen Uniformen mit Schlägel und Eisen auf dem Spiegel, an der ABF hatte die Uniform noch am Ärmel das Emblem der Bergakademie mit Schwarz/Rot/Gold im Grund.

Nach meinen Erinnerungen war in beiden Fällen der Kauf ein freiwilliges „Muß“. Man hat die Uniform aber auch zu verschiedenen Anlässen gern getragen. Ein bisschen Berufsstolz hatte man auch damals schon. Der Bergkittel brachte dann zur „Wendezeit“ ein anderes Flair mit, so dass wir uns am Bergbauinstitut in der Zeit zwischen Bildung der Bergparade 1986 und 1990 bereits um die Beschaffung von Bergkittel bemühten.“

In den 1980er Jahren studierte Heiko Götze, heute Vorsitzender der Historischen Freiberger Berg- und Hüttenknappschaft e.V., an der Bergakademie Bergbau/Tiefbau, und er kann sich an die Tragevorschriften wie folgt erinnern: „*In der Lehre habe ich das Ehrenkleid 1984 zur Bergparade in Ronneburg anlässlich der Arbeiterfestspiele in Gera erhalten und am Ende der Lehre wieder abgegeben. Ich bin mir nicht sicher, ob alle Mitarbeiter der SDAG Wismut ein Ehrenkleid gehabt haben. Höhere Angestellte und „Vorzeige-Mitarbeiter“ sowie „ausgezeichnete“ Mitarbeiter wurden immer im Ehrenkleid abgelichtet. Es gab auch eine Uniformordnung mit den entsprechenden Vorschriften für die Bestückung des Kragenspiegels in der SDAG Wismut, deren Vorbild die offizielle Gesetzgebung*

war. An der TU BAF habe ich in der Zeit vom 1. September 1988 bis zum 28. Februar 1993 keinen kennengelernt, der ein Ehrenkleid getragen hat. Nach 1990 ist mir aufgefallen, dass der schwarze Bergkittel, mit der Freiberger Armtour auf dem Oberarm an der Bergakademie Freiberg Einzug hielt.“

Auch Uwe Graner, Leiter des Eigenbetriebs Freiberger Abwasserbeseiti-



Am Tag der letzten Vorlesung auf dem Obermarkt in Freiberg

gung und Uniformträger des Bergmuskorps Saxonia Freiberg, studierte zur gleichen Zeit in einer zweiten Seminargruppe an der Bergakademie, ebenfalls Bergbau/Tiefbau: „Wir mussten in der Lehre im VEB Kalibetrieb Werra in Merkers/Rhön zur Prüfung immer im sogenannten Ehrenkleid erscheinen. Dies wurde vorgegeben und mitunter war das Blauhemd unter der Uniformjacke zu tragen. Festgelegt waren auch die Schirmmütze und schwarze Schuhe. In der Lehre ist man nicht zur Prüfung zugelassen worden, wenn man nicht vorschriftsmäßig im Ehrenkleid erschien. Ich kann mich noch erinnern, dass ein Lehrling zur Prüfung nicht zugelassen wurde, weil er zur Uniform weiße Turnschuhe trug. Später an der Bergakademie haben wir das Ehrenkleid nur zur Hauptprüfung und zur letzten Vorlesung in der Sektion getragen. Nach 1990 wurde dies aber nicht mehr gefordert, zumal auch der Anteil an Bergleuten nach uns an der Bergakademie gegen Null ging. Heute, das ist



Foto: Archiv HFBHK

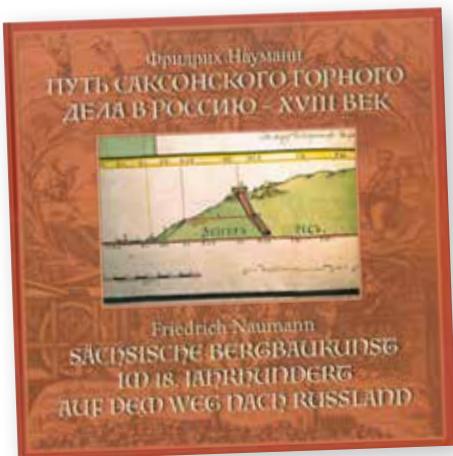
Freiberger Studenten im Jahr 2018 zur Parade anlässlich der Mettenschicht der HFBHK

mir von meinen Kindern bekannt, tragen die „Bergstudenten“ an der TU Bergakademie Freiberg zur Diplomprüfung und zu besonderen Anlässen, wie der Parade zum Bergstadtfest den Bergkittel.“

Nun trägt diese kleine Gruppe von Studenten dieses Kleidungsstück immer noch mit Stolz, um ihren Berufsstand zu zeigen – und dies ohne Druck von „oben“ wie in den vergangenen Jahrhunderten.

## Sächsische Bergbaukunst im 18. Jahrhundert auf dem Weg nach Russland Eindrücke zu dem Buch von Friedrich Naumann

Georg Unland



Die äußere Aufmachung und der Titel weckten meine Neugierde und bewogen mich, das Buch, 2022 im Mironde-Verlag, Niederfrohna/Sachsen erschienen, in die Hand zu nehmen. Das handliche Format, die grafische und farbliche Gestaltung des Einbandes und des Textes, die Auswahl der Bilder und des Papiers – allein schon das Äußere deutet auf ein interessantes Buch hin. Ebenso verhießen der zweisprachige Titel und Text eine deutsche und russische Sicht auf die Ereig-

nisse im 18. Jahrhundert – warum denn sonst sollte der Text in beiden Sprachen verfasst sein?

Um es vorab zusammenzufassen: Es ist ein lesenswertes Buch entstanden, das äußerlich und inhaltlich überzeugt. Mit viel Arbeit, Aufwand und Akribie sowie zahlreichen Geschichten beleuchtet der Autor die deutsch-russische Montangeschichte des 18. Jahrhunderts. Vor diesem Hintergrund erschließen sich so manche, bis heute noch spürbare Nachwirkungen, wie die Durchdringung der russischen bergbaulichen Fachsprache mit deutschen Lehnwörtern. Somit dient dieses Buch auch als „Baustein“ einer immer wieder gefährdeten „Brücke“ zwischen Russland und Deutschland.

Nun zu einigen Eindrücken: Zwei russische Herrscher prägten Russland im 18. Jahrhundert: Zu Beginn Peter I., der von 1682 bis 1725 regierte und zum Ende hin Katharina II., die von 1762 bis 1796 herrschte. In diesen Jahren öffnete sich Russland hin zu Mittel- und Westeuropa und stieg zu einer europäischen Großmacht auf. In diesem Kontext be-

leuchtet der Autor, Friedrich Naumann, Absolvent der Bergakademie Freiberg, den sächsischen Beitrag zum russischen Montanwesen. Dabei formuliert er vorsichtig: Die sächsische Bergbaukunst auf dem Weg nach Russland. Schon seine Wahl des Begriffs „Bergbaukunst“ deutet darauf hin, dass im 18. Jahrhundert der Übergang von Wissen und Können auf der Basis von Erfahrung hin zum auch theoretischen Durchdringen der einzelnen Bergbaudisziplinen stattfand. Über Jahrhunderte sammelten sich Kenntnisse darüber an, wie Lagerstätten gefunden, ausgebeutet und deren Minerale genutzt werden konnten. Die angewandten Technologien wurden zu wahren Künsten entwickelt, die schon im 16. und 17. Jahrhundert dokumentiert wurden. Ein auf diesem Gebiet führendes Zentrum war das Erzgebirge, wo schon seit Jahrhunderten Bergbau betrieben wurde. Erfahrungswissen wurde von Generation zu Generation weitergegeben. Der gesetzte, aber sich auch weiterentwickelnde Rechtsrahmen regelte die organisatorischen und finanziellen

Rahmenbedingungen für den Betrieb von Berg- und Hüttenwerken sowie für die Münzen. Die technischen Herausforderungen führten - beginnend im 18. Jahrhundert - zur wissenschaftlichen Durchdringung technischer Prozesse und somit zur Wechselwirkung von Praxis und Wissenschaft, von Empirie und Theorie. Diese Entwicklungen zu den Montanwissenschaften hin führten zu Überlegungen und Vorschlägen, die Ausbildung von Fachkräften zu institutionalisieren. Eine in dieser Hinsicht fortschrittliche Gegend war das Erzgebirge und insbesondere dort die Stadt Freiberg. Ein erster Schritt war die Entwicklung einer Stipendienkasse 1702, die sächsischen Landeskinder eine Ausbildung bei Fachleuten ermöglichte, die aber auch auswärtigen Studenten gegen Geld offenstand. So kamen auch die ersten russischen Studenten nach Freiberg. Konsequenterweise erfolgte dann 1765 die Gründung der Bergakademie Freiberg.

Im 17. Jahrhundert war hingegen das dünn besiedelte russische Reich zahlreichen Bedrohungen im Osten und Süden ausgesetzt. Zu dieser Zeit galt Russland als metallarm; lediglich Eisenerze konnten in ausreichender Menge gefördert werden. Der allergrößte Teil der Bevölkerung lebte in sehr ärmlichen Verhältnissen. Nur wenige waren des Lesens, Schreibens und Rechnens aufgrund eines völlig unzulänglichen Bildungssystems kundig. Zar Peter I. begann Russland grundlegend zu verändern. Er öffnete das Land nach Westen, gründete 1703 eine neue Hauptstadt, St. Petersburg, und holte zahlreiche Verwaltungsfachleute und Wissenschaftler aus England, Frankreich, den Niederlanden, Schweden und insbesondere aus Deutschland. So rekrutierte sich die von Peter I. nach Londoner, Pariser und Berliner Vorbild 1724 initiierte Akademie der Wissenschaften zunächst ausschließlich aus ausländischen Wissenschaftlern. Jahre später, nämlich 1745, wurde als erster Russe Lomonosov zum Professor an diese Akademie berufen. Anregungen und Anstöße zur Modernisierung Russlands erhielt Peter I. bei seinen Reisen ins westliche Europa, auch nach Sachsen und ins Erzgebirge. Sein Interesse galt nicht nur dem Bergbau und Hüttenwesen, sondern anderenorts auch beispielsweise dem Schiffbau, der Goldschmiedekunst oder dem Justizwesen. Mir war bisher unbekannt, welch großen

Einfluss Gottfried Wilhelm Leibniz auf Peter I. hatte. Er unterbreitete Vorschläge zur Reform des russischen Justiz- und Bildungswesens sowie zur Gründung einer Akademie der Wissenschaften. Im 18. Jahrhundert setzte die geologische Erkundung und bergbauliche Erschließung Russlands ein. Zahlreiche ausländische, insbesondere Experten aus dem Erzgebirge, die freiwillig, gelegentlich auch zwangsweise ins Land kamen, halfen bei der Organisation der Berg- und Hüttenverwaltung, bei der Erkundung und Erschließung von Lagerstätten, beim Bau und Betrieb von Berg- und Hüttenwerken.

Diese Entwicklungen beleuchtet der Autor mit zahlreichen detaillierten Informationen, wie beispielsweise zur Aufnahme deutscher Lehnwörter in die bergbauliche russische Fachsprache oder zur Gründung der Stadt Jekaterinburg im Jahr 1723 durch Vasilij Nikitič Tatiščev und Georg Wilhelm Henning. Interessant ist auch das Kapitel über das Wirken des Oberberghauptmanns Curt Alexander von Schönberg. Dessen Einfluss - etwa beim Aufbau der russischen Bergverwaltung - kann aus russischer Sicht nicht nur positiv gesehen werden. Seine Maßlosigkeit, das russische Berg- und Hüttenwesen auch beherrschen zu wollen, führte schließlich zu seiner Rückkehr nach Sachsen. Dabei greift der Autor auch auf seine Veröffentlichung in der Zeitschrift ACAMONTA des Jahres 2021 zu diesem Sachverhalt zurück.

Breiten Raum widmet Naumann der Herkunft, der Entwicklung und dem späteren Wirken der drei Studenten Gustav Ulrich Raiser, Dmitrij Ivanovič Vinogradov und insbesondere Michail Vasil'evič Lomonosov, die auf Beschluss des russischen Ministerkabinetts in Deutschland eine weitergehende Ausbildung erhalten sollten. Großen Einfluss während Ihres Aufenthalts hatten nicht nur in fachlicher Hinsicht ihre akademischen Lehrer Christian Wolff in Marburg und Johann Friedrich Henckel in Freiberg. So gut wie das persönliche Verhältnis zwischen Wolff und Lomonosov war - umso problematischer waren die grundlegenden Charakterdifferenzen zwischen Henckel und Lomonosov, die auch zum vorzeitigen Abbruch des Aufenthalts Lomonosovs in Freiberg führten. Insbesondere Lomonosov hatte nach seinem Aufenthalt in Deutschland einen prägenden Einfluss auf die Wissenschaften in Russland. Auf Vorschlag von Lomonosov

und Ivan Ivanovič Šuvalov wurde 1755 die Moskauer Universität gegründet, die seit 1940 zu Ehren Lomonosovs dessen Namen trägt. In den relevanten Kapiteln zu Lomonosov erweitert Naumann seine Ausführungen anlässlich der Einweihung des Lomonosow-Hauses in der Freiberger Fischerstraße am 7. Februar 2014.

Lesenswert sind auch die Ausführungen, die zur Gründung der St. Petersburger Bergbau-Lehranstalt im Jahr 1774 führten. Einen prägenden Einfluss in den ersten Jahren nach der Gründung hatte Hans Michael Renovantz, ebenfalls ein Absolvent der Bergakademie Freiberg. Seit dieser Zeit, weit über das 18. Jahrhundert bis heute reichend, bestand ein intensiver Austausch russischer und deutscher Wissenschaftler und Fachleute, wenn auch mit Unterbrechungen aufgrund politischer Differenzen und Kriege.

Dazu eine Begebenheit: Manchmal lassen sich zufällige Begegnungen in das Gesagte einordnen. So traf ich in der Zeit, in der ich diese Eindrücke zu diesem Buch formulierte, einen Herrn mit typisch deutschem Nachnamen während einer meiner Bergbauexkursionen im Erzgebirge, der ausgezeichnet russisch sprach. Im Gespräch stellte sich heraus, dass seine Vorfahren, ehemals aus Sachsen, seit Generationen in St. Petersburg lebten und wirkten und für die russische Forstwirtschaft zuständig waren. Sein Vater musste 1940 mit seiner Familie die Sowjetunion wegen des Krieges verlassen.

Naumann beleuchtet viele dieser bisher unbekannten Zusammenhänge und Hintergründe zu an sich bekannten Ereignissen. Zahlreiche Details und Sachverhalte klärt er auf, so dass dieses Buch auch als Nachschlagewerk dienen kann.

Das Buch erschien Anfang 2022 - zu einer Zeit, als noch enge wissenschaftliche und auch persönliche Beziehungen zwischen Russland und Deutschland bestanden. Damals wie heute beeinflussen und bestimmen aber Staatsführer das Verhältnis der Völker zueinander. Beginnend mit Peter I. wurde das Tor zu Deutschland weit aufgestoßen. Er formulierte das Ziel des staatsmännischen Verhaltens: „Man muss sich mühen, den Staatsruhm auf dem Wege über die Kunst und die Wissenschaften zu suchen.“ Mit diesem Zitat endet das Buch. Naumann ahnte vielleicht schon, welcher Bruch mit dem 24. Februar 2022 eintreten sollte.

# Chronik

## 1523 – 500 Jahre

- (unbekannt) Ulrich Rülein von Calw gestorben, 1497/1519 Stadtarzt in Freiberg, zeitweise Ratsherr und Bürgermeister, eh. Gymnasium (2007 geschlossen) und eine Sporthalle in Freiberg nach ihm benannt

## 1673 – 350 Jahre

- (23.07.) Markscheider Balthasar Rößler gestorben, erfindet 1633 den Hängekompass, Verfasser der Schrift „Hell-polierter Berg-Bau-Spiegel“ um 1650 (gedruckt 1700), Straße in Freiberg nach ihm benannt

## 1773 – 250 Jahre

- Bergakademie in St. Petersburg (Russland) gegründet
- (29.01.) Carl Friederich Mohs geboren, Student 1798/1801, 1818/1826 Professor für Mineralogie, danach an der Universität Wien, Schöpfer der „Mohsschen Härteskala“ (Ritzhärte der Minerale)
- (02.05.) Henrik Steffens geboren, Student 1799/1802, Professor in Kopenhagen, Halle, Breslau und Berlin, Naturphilosoph, Autor eines vierbändigen Handbuchs der Mineralogie

## 1798 – 225 Jahre

- Gründung des Corps „Montania“, zweitältestes deutsches Studenten-Corps
- (10.01.) Karl Friedrich Stumm geboren, Student 1817, Inhaber der Eisenhütte Neunkirchen/Saar, führte im Hüttenwesen des Saargebietes den Kokshochofen, das Puddelverfahren und das Walzwerk ein
- (01.07.) Johann Friedrich Mende gestorben, Student 1767/68, 1770 Kunstmaler, 1789 Maschinendirektor, Erbauer der ersten Wassersäulenmaschine im sächsischen Bergbau und des „Churprinzer Bergwerkskanals“ mit einem Kahnhebehaus (gilt als das erste Schiffshebewerk der Welt) für den Erztransport von der Grube „Churprinz“ bei Großschirma zur Hütte Halsbrücke

## 1823 – 200 Jahre

- (22.02.) Carl Hermann Müller geboren, Student 1841/45, 1907 erster Ehrendoktor der Bergakademie, Geheimer Bergrat, veröffentlichte Standardwerke über die Erzlagerstätten des Erzgebirges, Spitzname „Gang-Müller“
- (22.05.) August Jonas Oehlschlägel gestorben, Student 1771, Markscheider, erteilt 1802/22 Unterricht in „praktischer Markscheidekunst“
- (15.07.) Carl Reinhold Brückmann geboren, Student 1840/44, 1853/55 Professor für Mathematik
- (27.07.) Mathias von Flurl gestorben, Student 1787, Berg- und Salinenrat, gilt als Begründer der Mineralogie und Geologie in Bayern

## 1848 – 175 Jahre

- Gründung der Burschenschaft „Alemannia“, Mitbegründer G. A. Zeuner
- (02.01.) James Benton Grant geboren, Student 1874/76, Mitbegründer des Bleisilberhüttenwesens von Colorado, 1882/1885 Gouverneur von Colorado, Direktor der Denver National Bank
- (07.03.) Richard Baldauf geboren, Student 1864/67, 1922 Ehrensenator, Bergingenieur und Unternehmer im nordböhmischen Braunkohlenbergbau
- (29.03.) Karl Amandus Kühn gestorben, Student 1800/03, 1816/35 Lehrer, ab 1818 Professor für Geognosie und Bergbaukunst

- (02.06.) James Watt jun. gestorben, Student 1787, Sohn des Erfinders der Dampfmaschine James Watt (1736-1819), Teilhaber der Firma Boulton & Watt in Soho, förderte die Dampfschifffahrt in England

- (27.07.) Karl Gustav Adalbert von Weißenbach gestorben, Student 1813/16, 1824 Bergmeister in Johanngeorgenstadt, 1826 Bergmeister in Freiberg, 1840 Geh. Regierungsrat in Dresden, veröffentlichte 1836 eine Dokumentation Freiberger Erzgänge

## 1873 – 150 Jahre

- Gründung Akademischer Verein „Vorwärts“, entwickelte sich 1899 zur freischlagenden Verbindung „Vandalia“
- (18.03.) Carl Gottlob Wöllner gestorben, Student 1812, Rezeßschreiber, 1820/31 Lehrer für Registerführung
- (28.03.) Georg Brion geboren, 1911/38 Professor für Elektrotechnik, ab 1912 auch Professor für Physik (bis 1930), Direktor des Instituts für Physik und Elektrotechnik, ab 1930 Direktor des neugegründeten Elektrotechnischen Instituts, vertritt 1947/50 nochmals die Elektrotechnik und ist kommissarischer Institutedirektor
- (18.05.) Rudolph Eduard Gerlach gestorben, Student 1849/53, Finanzsekretär im Finanzministerium Dresden, 1863/72 Lehrer für Bergrecht und bergmännischen Geschäftsstil
- (11.06.) Theodor Döring geboren, Student 1893/97, 1902/38 Professor für Analytische Chemie, chemische Technologie und Angewandte Chemie (ab 1909), Direktor des Instituts für Angewandte Chemie
- (12.07.) Rudolph Hoffmann geboren, Student 1894/98, Vizehüttenmeister in Freiberg, Professor für Hüttenkunde, Probierkunde, anorganisch-chemische Technologie und Salinenkunde an der Bergakademie Clausthal
- (22.09.) Friedrich August Breithaupt gestorben, Student 1811/13, 1826/66 Professor für Mineralogie, 1813/1834 letzter sächsischer Edelsteininspektor, Mitbegründer bergbaulicher Aktiengesellschaften in Sachsen und Thüringen, 1872 Ehrenbürger der Stadt Zwickau, Straße in Freiberg nach ihm benannt
- (25.09.) Oskar Jobst geboren, Student 1893/97, 1923 Ehrendoktor, Generaldirektor des Erzgebirgischen Steinkohlen-Aktien-Vereins (ESTAV), Zwickau
- (26.11.) Carl Friedrich Naumann geboren, Student 1816/18, 1826/42 Professor für Kristallographie (ab 1835 mit Geognosie), danach Professor für Mineralogie und Geologie an der Universität Leipzig
- (08.12.) Georg Theodor Buderus gestorben, Student 1828, Mitinhaber von Eisenwerken in Hessen, Gründer der Buderusschen Eisenhütte in Wetzlar

## 1898 – 125 Jahre

- Reifezeugnis wird Voraussetzung für das Studium; dafür Wegfall der Aufnahmeprüfung
- (08.02.) Oktawian Popowicz geboren, 1965 Ehrendoktor, Professor für Bergbaumaschinen der TH Gliwice
- (10.02.) Karl Wilhelm Förster geboren, 1927/45 Dozent, ab 1939 a. o. Professor für Volkswirtschaftslehre
- (24.02.) Georg Bilkenroth geboren, 1962 Ehrendoktor, Miterfinder des Braunkohlenhochtemperaturkokses
- (26.03.) Errichtung der „Viertel-Stiftung“: Stipendium „für einen unbemittelten Bergakademisten“

- (15.04.) Karl Krejci-Graf geboren, 1937/1939 Professor für Brennstoffgeologie, 1953/1963 Professor für Geologie an der Universität Frankfurt/Main
- (17.05.) Alexander Geleji geboren, 1965 Ehrendoktor, Professor für Hüttenmaschinenwesen und Bildsame Formung der Metalle an der TU Miskolc
- (25.09.) Hieronymus Theodor Richter gestorben, Student 1843/47, Oberbergrat, lehrt 1856/96 Lötrohrprobierkunde, ab 1863 Professor, 1875/1896 Direktor der Bergakademie, Mitentdecker des chemischen Elements Indium
- (03.10.) Pjotr A. Rehbinder geboren, 1965 Ehrendoktor, Professor für Kolloidchemie an der Lomonossow-Universität Moskau
- (30.11.) Gründung der „Zeuner-Stiftung“ durch Schüler, Freunde und Kollegen anlässlich des 70. Geburtstags von G. A. Zeuner

#### 1923 – 100 Jahre

- (13.03.) Alexander Ospovat geboren, 1990 Ehrendoktor, Professor für Wissenschaftsgeschichte, Universität Oklahoma, Stillwater/USA
- (10.08.) Raphael Pumpelly gestorben, Student 1856/59, amerikanischer Bergingenieur und Geologe, erster Professor für Bergbau der Harvard University
- (20.08.) Heinz Bäßler geboren, 1969/88 Dozent, ab 1980 a.o. Professor für Geschichte der Arbeiterbewegung, 1978/88 Direktor der ABF Freiberg
- (08.12.) Armin Petzold geboren, 1971/78 Professor für Baustoffchemie

#### 1948 – 75 Jahre

- (17.02.) Richard Robert Pilz gestorben, Student 1896/1901, Bergingenieur in Angola, Chile, Peru, Bolivien, Brasilien, Indonesien, China, Spanien, Portugal und weiteren Ländern Europas
- (01.04.) Einrichtung eines Bergtechnikums der Wismut AG in Freiberg (in der Wismut-Nomenklatur als Objekt 105 bezeichnet)
- (20.04.) Hochschulgruppe der FDJ gegründet
- (14.05.) Heinrich Niedner gestorben, Student 1886/91, 1942 Ehrensenator, Generaldirektor sämtlicher Erzgruben, Hütten und Fabriken der Grafen Henckel von Donnersmarck, Beuthen, im In- und Ausland
- (02.07.) Rudolf Schreiter gestorben, 1928/47 a. o. Professor für Geologie, 1947/48 Professor für Geologie und Lagerstättenlehre
- (15.10.) Walter Alberts gestorben, Student 1905/09, Direktor der Henrichshütte, Hattingen, Generaldirektor des „Bochumer Vereins“
- (18.11.) Gründung des Orchesters „Collegium Musicum“ an der Bergakademie

#### 1973 – 50 Jahre

- Baubeginn „Neue Mensa“ (Agricolastraße 10a), Fertigstellung 1975
- Einführung des Diplom-Studiengangs (damals Fachrichtung) Anorganisch-nichtmetallische Werkstoffe
- (30.01.) Lothar Neuber gestorben, Student 1946/50, 1961/68 Professor für Bergbaukunde III (Versatzwirtschaft), ab 1963 nur noch Lehrauftrag Versatzwirtschaft
- (04.04.) Heinrich Loemke gestorben, 1956/68 Professor für Feuerungstechnik, Wärmewirtschaft und Dampfkesselbetrieb
- (04.12.) Werner Rademacher gestorben, 1966/73 Professor für Thermische Braunkohlenveredlung, ab 1969 für Reaktions- und Brennstofftechnik, 1966/68 Direktor des Instituts für Technische Brennstoffverwertung

#### 1998 – 25 Jahre

- Hochschulkooperationsvertrag: Universidade Federal de Ouro Preto, Brasilien
- Einführung Diplom-Studiengang Archäometrie (Ingenieurarchäologie)
- (10.06.) Errichtung „Sparkassen-Stiftung TU Bergakademie Freiberg“ durch Beschluss des Vorstands der Kreissparkasse Freiberg
- (31.07.) Übergabe der Glückauf-Sporthalle nach umfangreichen Sanierungs- und Modernisierungsarbeiten
- (17.11.) Herbert Bernhardt gestorben, 1982/90 Dozent, ab 1987 Professor für Dialektischen und Historischen Materialismus

■ Roland Volkmer



Verleihung der Ehrensenatorwürde an Prof. Dr.-Ing. Georg Unland  
Finanzminister a.D. am 14. Oktober 2022

# Personalia



Verleihung der Ehrensenatorwürde an Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer  
am 22. November 2022

(Verleihung nach Drucklegung)

# TU Bergakademie Freiberg verleiht Ehrenbergkittel an Emeritus Prof. Jürgen Bast

Prof. Dr. Jürgen Bast, Gründer und langjähriger Inhaber des ehemaligen Lehrstuhls für Hütten-, Gießerei- und Umformmaschinen, wurde am 13. September 2022 als Ehrenbergmann ausgezeichnet und erhielt den Ehrenbergkittel der TU Bergakademie Freiberg.

TU-Rektor Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht verlieh die Würde bei einer Festveranstaltung und betonte den Beitrag des Freiberger Alumni und Emeritus für Forschung, Internationalisierung und Weiterentwicklung der Lehre: „Nach 1990 hat Prof. Jürgen Bast maßgeblich dazu beigetragen, die Universität zu einem Ort des freien Geistes und Austausches mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in aller Welt zu entwickeln, an dem Studierende und Promovierende fachlich sowie in ihrer persönlichen Entwicklung gefördert werden.“

1992 wurde Prof. Jürgen Bast auf den Lehrstuhl Hütten-, Gießerei- und Umformmaschinen berufen, der bis 2010 bestand. Der heute emeritierte Professor war im Laufe seiner Karriere außerdem Sprecher des ersten DFG-Graduiertenkollegs an der TU Bergakademie

Freiberg, Studiendekan des Studiengangs Technologiemanagement, Dekan der Fakultät Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik sowie Mitglied des Senats. Als Mitglied der Vereine „Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg“ und „Fachschaft der Freiberger Gießer“ setzt sich Prof. Jürgen Bast weiterhin für die Belange der Universität, ihres Nachwuchses und ihrer Studierenden ein.

Anfang September 2022 feierte Jürgen Bast seinen 80. Geburtstag. Im Anschluss an die Verleihung der Ehrenbergmannswürde fand eine zweitägige Fachtagung statt, bei der ehemalige Doktorandinnen und Doktoranden des Hochschullehrers in Form von Fachvorträgen



Foto: TU Bergakademie Freiberg

TU-Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht (links) verleiht die Ehrenbergmannswürde an Prof. Jürgen Bast (rechts).

über ihre aktuellen Herausforderungen und Lösungen in der Praxis berichteten.

## Die Ehrenbergmannswürde der TU Bergakademie Freiberg

Mit der Ehrenbergmannswürde verbunden mit dem Ehrenbergkittel zeichnet die TU Bergakademie Freiberg besonders verdiente Partnerinnen und Partner aus. Prof. Jürgen Bast ist der 15. Ehrenbergkittelträger der Universität.

## Neuberufene Professoren

### Herr PD Dr.-Ing. Bernhard Eidel

zum Professor für Mikromechanische Materialmodellierung an der Fakultät 4 zum 01.02.2022

### Herr Jun.-Prof. Dr. rer. pol. Robert Lukas Czudaj

zum Professor für Allgemeine Volkswirtschaftslehre, insbesondere (monetäre) Makroökonomik an der Fakultät 6 zum 01.04.2022

### Herr Dr. habil. Gari Walkowitz

zum Professor für Wirtschaftsethik an der Fakultät 6 zum 01.04.2022

### Herr Dr.-Ing. Simon Sebastian Glöser-Chahoud

zum Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Corporate Sustainability and Environmental Management an der Fakultät 6 zum 01.09.2022

### Frau Dr. rer. nat. Kathrin Welker

zur Professorin für Mathematische Optimierung an der Fakultät 1 zum 01.10.2022

### Herr Prof. Dr. Thorsten Nagel

zum Professor für Endogene Geologie/ Tektonik an der Fakultät 3 zum 01.10.2022

### Herr Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Cramer

zum Honorarprofessor für Organische Petrologie an der Fakultät 3 zum 01.10.2022

### Herr PD Dr. rer. nat. Michael Meyer

zum Honorarprofessor für Biobasierte Materialien für die Additive Fertigung an der Fakultät 4 zum 01.10.2022

# Nachruf für Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch



Am 17. November 2021 verstarb in Freiberg kurz vor der Vollendung seines 82. Lebensjahrs Professor Dr.-Ing. habil. Gerhard Pusch. Der langjährige, sehr geschätzte Hochschullehrer am Wissenschaftsbereich Werkstoffeinsatz und dem hieraus entstandenen Institut für Werkstofftechnik an der TU Bergakademie Freiberg gehörte weltweit zu den angesehensten Wissenschaftlern auf seinem Fachgebiet. Besonders durch seine Arbeiten auf dem Gebiet der Bruchmechanik hat er maßgeblich zum wissenschaftlichen Ansehen unserer Universität im In- und Ausland beigetragen. Gerhard Pusch war nicht nur ein hervorragender Wissenschaftler, sondern vor allem eine beeindruckende Persönlichkeit. Seine Fachkollegen und Freunde schätzten seine persönliche Integrität und Verlässlichkeit ebenso wie die Fähigkeit, mit trockenem Humor schwierige Situationen zu entschärfen.

Geboren am 25. Januar 1940 in Magdeburg, studierte Gerhard Pusch nach Erlangen des Abiturs an der Oberschule in Brandenburg und einem Praktikum im Stahl- und Walzwerk Brandenburg von 1959 bis 1965 an der Technischen Hochschule „Otto von Guericke“ Magdeburg in der Fachrichtung „Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung“. Nach Abschluss des Studiums blieb er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am gleichnamigen Institut und promovierte 1970 bei Werner Schatt mit einer Arbeit zum Spannungs- und Dehnungsverhalten zugbeanspruchter Sinterwerkstoffe.

Nach seiner Promotion wandte er sich dem zu dieser Zeit in Deutschland noch wenig bekannten Gebiet der Bruchmechanik zu. Es entstanden erste Arbeiten zur bruchmechanischen Werkstoffcharakterisierung mit der Entwicklung der dazu erforderlichen Prüftechnik. Gemeinsam mit Horst Blumenauer verfasste er eine Einführung in die Bruchmechanik, die 1973 im Deutschen Verlag für die Grundstoffindustrie erschien. Mit als eine der ersten deutschsprachigen Publikationen über dieses Gebiet fand sie eine große Verbreitung. Aus ihr entstand die Monographie „Technische Bruchmechanik“ die drei Auflagen erlebte (1982, 1987 und 1993) und vom Springer Verlag und dem Müszaki Könyvkiado Budapest übernommen wurde. Diese Thematik war auch Gegenstand seiner Habilitation, die er 1978 verteidigte. Von 1976 bis 1979 war er Leiter des Fachgebiets NE- und Pulvermetallurgie am ASMW Magdeburg.

Im Jahr 1979 wurde Gerhard Pusch als Dozent für Werkstoffprüfung an die Bergakademie Freiberg berufen, im Jahr 1987 erfolgte die Berufung zum außerordentlichen Professor für Werkstoffprüfung und im Jahr 1992 zum Universitätsprofessor für Werkstoffdiagnostik und Werkstoffkunde. Er hatte damit in der Lehre für die Studierenden des Maschinenbaus sowie der werkstofftechnischen und metallurgischen Studienrichtungen ein sehr breites Spektrum zu vertreten. Gerhard Pusch war ein origineller und beliebter akademischer Lehrer. Seine didaktisch vorbildlich gestalteten, abwechslungsreichen und mit Humor gewürzten Vorlesungen waren immer ein Genuss. Mit seinen Vorlesungen und Vorträgen hat er viel zur Akzeptanz der Bruchmechanik in den Ingenieurwissenschaften beigetragen. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auch auf die von ihm initiierten und geleiteten Fortbildungsveranstaltungen zur Bruchmechanik. Besonders auf diesem Gebiet hat er zahlreiche Studenten und Doktoranten hervorragend ausgebildet. Von 1993 bis 2000 leitete er als Direktor erfolgreich das Institut für Werkstofftechnik.

Den für die Lehre auf dem Gebiet der Bruchmechanik erforderlichen Kennt-

nisvorlauf hat er sich durch seine Forschung geschaffen. Nach seiner Berufung an die Bergakademie übernahm Gerhard Pusch 1979 die Leitung der Arbeitsgruppe „Experimentelle Bruchmechanik“ von der international anerkannte Impulse zur Entwicklung dieses Fachgebiets ausgingen. Im Mittelpunkt seiner Forschung standen die Gefüge-Eigenschaftsbeziehungen eines breiten Spektrums metallischer Werkstoffe und ihrer Schweißverbindungen, besonders der Einfluss der Mikrostruktur auf den Verlauf der Schädigungsprozesse bei der Rissentstehung und Rissausbreitung. Ein weiteres wesentliches Arbeitsgebiet war die Weiterentwicklung und Anwendung bruchmechanischer Prüfmethoden bei statischer, zyklischer und schlagartiger Beanspruchung zur Kennzeichnung der Bruchsicherheit von Konstruktionswerkstoffen in hochbeanspruchten Bauteilen.

Das hohe fachliche Niveau der Arbeiten auf dem Gebiet der Bruchmechanik gewährleistete 1991 einen äußerst erfolgreichen Start in die gesamtdutsche Forschung. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Fließbruchmechanik“ und nachfolgender Forschungsprojekte erfolgten systematische Untersuchungen zur bruchmechanischen Charakterisierung von höherfesten schweißbaren Baustählen, Gusswerkstoffen und Al-Legierungen einschließlich Ihrer Schweißverbindungen. Im Reaktorsicherheitsprogramm wurden spezielle Prüftechniken für Druckbehälterstähle und GGG-Transportbehälter für radioaktive Stoffe erprobt. Ein bestimmendes Merkmal dieser Arbeiten war die Einheit von wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn und unmittelbarer Nutzung in der industriellen Praxis. Staatlich geförderte Forschungsarbeiten wurden durch eine gezielte Industrieforschung ergänzt.

Von seiner Arbeit als Fachautor zeugen neben den erwähnten Monographien über die Bruchmechanik und zahlreichen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften seine Mitarbeit an den Lehrbüchern „Werkstoffprüfung“ (sechs Auflagen) und „Werkstoffe des Maschinen-, Anlagen- und Apparatebaues“ (vier Auflagen). Das von ihm gemeinsam mit M. Krempe verfasste

Lehrbuch für die Fach- und Berufsschulausbildung „Technische Stoffe“ erlebte 1990 seine 18. Auflage.

Für seine hervorragende Tätigkeit in der Lehre wurde Prof. Gerhard Pusch im Jahre 2000 mit dem Julius-Weisbach-Preis für Hochschullehrer der TU

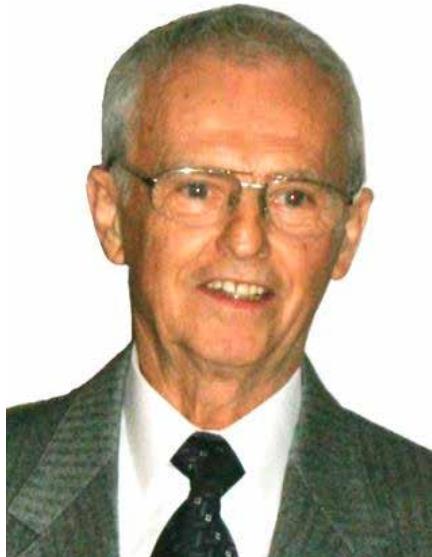
Bergakademie ausgezeichnet. 2005 wurde er durch den Deutschen Verband für Materialforschung und -prüfung (DVM) mit der Verleihung der August-Wöhler-Medaille für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Bruchmechanik geehrt.

Mit Gerhard Pusch haben wir einen

hochgeschätzten Kollegen verloren, der als Lehrer und Forscher das Gebiet der Bruchmechanik bleibend geprägt hat und bis ins hohe Alter wissenschaftlich tätig war. Wir werden Gerhard Pusch sehr vermissen.

■ Heinz-Joachim Spies

## Nachruf auf Prof. Hans-Joachim Eckstein



Am 04. Februar 2022 verstarb Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Hans-Joachim Eckstein kurz vor Vollendung seines 91. Lebensjahrs. Sein Lebensweg war eng mit dem heutigen Institut für Eisen- und Stahltechnologie verbunden.

Hans-Joachim Eckstein wurde am 13. Februar 1931 in Lengfeld (Thüringen) geboren. Nach erfolgreichem Abiturabschluss in Hildburghausen erlernte er zunächst den Beruf eines Hochöfners in der Maxhütte Unterwellenborn. 1950 nahm er ein Studium der Eisenhüttenkunde an der Bergakademie Freiberg auf, nach dessen Abschluss er von 1954 bis 1957 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Eisenhütten-Institut tätig war. Hier promovierte er mit dem Thema „Die Erzeugung von Qualitäts- und Edelstählen nach einem Schlackenlegierungsverfahren und ihre Ergebnisse“ zum Doktor-Ingenieur.

Danach war er als Metallurge und später als Haupttechnologe im Stahl- und Walzwerk Hennigsdorf tätig. Während dieser Zeit arbeitete er an seiner Habilitation auf dem Gebiet „Nichtmetallische Verunreinigungen im Stahl - Möglichkeiten zur Bestimmung der wesentlichen Einschlusskenngrößen und die Bedeutung der nichtmetal-

lischen Einschlüsse für das Werkstoffverhalten“, die er 1966 abschloss.

Noch im gleichen Jahr folgte die Berufung von Hans-Joachim Eckstein zum Professor mit Lehrauftrag für Sonderstahlkunde an die Bergakademie Freiberg. Ein Jahr später wurde ihm unmittelbar nach dem unerwarteten Tod von Professor Karl-Friedrich Lüdemann der Freiberger Eisenhüttenlehrstuhl und gleichzeitig auch die Leitung des Eisenhütten-Instituts übertragen. Diese hatte er, seit 1969 als ordentlicher Professor und Leiter des Wissenschaftsbereichs Eisenwerkstoffe und nach 1990 als amtierender Direktor des Eisenhütten-Instituts, über einen langen Zeitraum von 25 Jahren inne.

Nach seinem 1992 auf eigenen Wunsch erfolgten Ausscheiden aus dem Dienst an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg nahm Hans-Joachim Eckstein eine Forschungstätigkeit am Technologiezentrum ATZ-EVUS in Sulzbach-Rosenberg (Bayern) auf, wo er bis 1996 als Wissenschaftler tätig war. In dieser Zeit und auch nach dem Eintritt in den Ruhestand stellte er seine vielfältigen Kenntnisse und Erfahrungen Unternehmen und Forschungseinrichtungen, zu denen natürlich auch sein ehemaliges Institut zählte, immer wieder beratend zur Verfügung.

Die Verdienste von Prof. Eckstein in der Forschung sind umfangreich und vielschichtig. Beispielhaft sollen an dieser Stelle seine Arbeiten auf den Gebieten der hochlegierten Stähle, der höherfesten schweißbaren Baustähle und der korrosionsträgen Stähle genannt werden, die er mit großem persönlichen Engagement und unter Einbeziehung von Partnern aus unserer Universität, universitätsnahen Forschungseinrichtungen und der Industrie zum Erfolg geführt hat. Hans-Joachim Eckstein ist Autor bzw. Herausgeber von 10 Fachbüchern, Autor von mehr als 160 wissenschaftlichen Publi-

kationen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften und Inhaber einer Reihe von Patenten. Seine Forschungsergebnisse und Publikationen haben Hans-Joachim Eckstein deutschlandweit und international bekannt gemacht. Dies fand u. a. Ausdruck in seiner Ernennung zum Ehrendoktor der Universität Miskolc (Ungarn) im Jahr 1974.

Unter der Leitung von Hans-Joachim Eckstein haben bis 1992 Generationen von Studierenden der heutigen TU Bergakademie Freiberg fundiertes, in der Praxis anwendbares Wissen und damit das Rüstzeug für eine erfolgreiche Tätigkeit als Diplom-Ingenieure erhalten. Hervorzuheben ist, dass Prof. Eckstein besonderen Wert darauf legte, dass von den Studierenden sowohl technologische als auch werkstoffspezifische Kenntnisse gleichermaßen erworben wurden. Darüber hinaus betreute er 80 Doktoranden und 11 Habilitanden. Seine fachliche Kompetenz, Ehrlichkeit und menschliche Wärme haben ihn dabei zu einer Respekts- und Vertrauensperson werden lassen, ihn bekannt und beliebt gemacht.

Prof. Eckstein blieb bis zuletzt dem heutigen Institut für Eisen- und Stahltechnologie verbunden, wenn auch seine Besuche durch seinen Wohnortwechsel nach Jena zuletzt seltener wurden. So war er zum Beispiel ein geschätzter Ehrengast seiner Absolventen anlässlich von Jubiläen ihres Studienabschlusses. Der 1997 gegründete Verein Eisen- und Stahltechnologie Freiberg ernannte Hans-Joachim Eckstein aufgrund seiner Verdienste um Lehre und Forschung anlässlich des 125jährigen Gründungsjubiläums des Instituts für Eisen- und Stahltechnologie im Jahr 1999 zu seinem ersten Ehrenmitglied.

Das Institut für Eisen- und Stahltechnologie und der Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e. V. werden Prof. Hans-Joachim Eckstein stets ein ehrendes Andenken bewahren.

■ Olena Volkova und Thilo Kreschel

# Nachruf: Metallformer Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel verstorben



Am 03. März 2022 ist Herr Professor Arno Hensel im Alter von 90 Jahren verstorben. Wir trauern um einen hochgeachteten, verdienstvollen und international bedeutenden Wissenschaftler.

Arno Hensel wurde am 25. April 1931 in der Niederlausitzer Kleinstadt Doberlug-Kirchhain geboren. Nach seiner Ausbildung zum Maschinenschlosser studierte er – nach Abitur und Praktikum in der Maxhütte Unterwellenborn – an der Bergakademie Freiberg Metallformung. Im Rahmen seiner studentischen Ausbildung war er in der Maxhütte Unterwellenborn, im Schwermaschinenbaubetrieb SKET Magdeburg, in der Bleihütte Muldenhütten, im Blechwalzwerk Olbernhau sowie im Stahl- und Walzwerk Riesa als Praktikant bzw. Facharbeiter tätig. Seine Diplomprüfung legte er im Juni 1956 bei Prof. Dr. G. Juretzek mit „sehr gut“ ab und wurde dafür mit der Agricola-Medaille ausgezeichnet. Nach Abschluss des Studiums begann er seine Tätigkeit im Walzwerk des Edelstahlwerks Freital und beschäftigte sich dort hauptsächlich mit der Walztechnologie von Werkzeugstählen, Schnellarbeitsstähle sowie von korrosionsbeständigen ferritischen und austenitischen Stählen. Im März 1958 wurde ihm die Aufgabe eines Abteilungsmetallurgen übertragen und später – bis zum Februar 1961 – die Rolle des Abteilungsleiters für Metallformung in der neu gegründeten Haupttechnologie des Gesamtbetriebs. Im Rahmen seiner Tätigkeit bearbeitete er vom Juni 1957 bis zum Mai 1961 das Forschungsthema „Vergleichende Untersu-

chungen der Eigenschaften von im Strang und Block vergossenen Qualitäts- und Edelstählen“ und promovierte mit diesem Thema an der Bergakademie Freiberg zum Dr. Ing. auf dem Gebiet Metallformung mit dem Gesamthurteil „sehr gut“. Im Februar 1961 wurde ihm die Funktion des Technischen Direktors des Edelstahlwerks Freital übertragen, die er bis zu seiner Berufung an die Bergakademie im September 1970 ausübte. Schwerpunkte seiner Arbeit waren der Aufbau, die Inbetriebnahme und die Erweiterung der 280er Feineisen- und Drahtstraße, der Aufbau und die Inbetriebnahme des Vakuumstahlwerks, der 2000-t-Presse, einer Schmiedemaschine, moderner Wärmebehandlungsanlagen sowie der teilweisen Mechanisierung der Halbzeug- und Stabstahladjustage. Ende der 60er Jahre kamen die Konzipierung, die Projektierung und der Baubeginn der neuen Drahtzieherei und der Kaltwalzefertigung in Lugau als wichtige Aufgaben hinzu. Arno Hensel war Mitglied des ZAK Eisen im Forschungsrat der DDR und Mitglied der Sektion Hüttenwesen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Zu Beginn des Herbstsemesters 1970 wurde er zum Professor für bildsame Formgebung an die Bergakademie Freiberg berufen, wo er als Nachfolger von Professor Dr. Georg Juretzek die Leitung des gleichnamigen Wissenschaftsbereichs und der Fachrichtung übernahm. Den Übergang von der Praxis zur Hochschule meisterte er mit Bravour. Er war sehr daran interessiert, durch Betreuung studentischer Arbeiten, Exkursionsteilnahme, Mitwirkung an Fachschaftsabenden und durch die sog. „Letzte Vorlesung“ einen engen Kontakt zu den Studierenden zu knüpfen. Um das Fachgebiet Metallformung in der Öffentlichkeit und vor allem der studieninteressierten Jugend vorzustellen, hat er an dem 1984 herausgegebenen Buch „Metallformung, Geschichte, Kunst, Technik“ (K. Lietzmann, J. Schlegel und A. Hensel) mitgearbeitet, das eine gute Resonanz fand. Gleichzeitig entstanden in diesem Zeitraum drei national und international bedeutsame Lehrbücher, die auch heute noch eine Grundlage für die akademische Ausbildung darstellen:

• „Kraft- und Arbeitsbedarf bildsamer Formgebungsverfahren“ (A. Hensel, Th. Spittel, Leipzig 1974),

- „Rationeller Energieeinsatz bei Umformprozessen“ (Th. Spittel, A. Hensel, M. Spittel, u.a., Leipzig 1983),
- „Technologie der Metallformung, Eisen- und Nichteisenwerkstoffe“ (A. Hensel, P. I. Poluchin, W. P. Poluchin, u.a. Leipzig 1990).

Alle drei Bücher sind auch in die russische Sprache übersetzt worden und im Verlag Metallurgija Moskau erschienen.

Da für eine hohe Qualität in Ausbildung und Forschung die zur Verfügung stehenden Versuchseinrichtungen und -anlagen von großer Bedeutung sind, investierte Arno Hensel in die ständige Weiterentwicklung der Institutsanlagen. Die wichtigste Versuchsanlage war die im Dezember 1980 fertiggestellte Konti-Warmwalz-Anlage für das Walzen von Stäben und Drähten, die in ihrer Art auch heute noch eine weltweit einzigartige Anlagenkonfiguration für den Forschungsbetrieb darstellt. Als weiterer Schwerpunkt sei der von Prof. Hensel initiierte und mit J. Lemke und Prof. G. Lehmann realisierte Universaleinbau in das Sackgerüst genannt, der es erlaubte eine praxisnahe Grundlagenforschung beim Universalwalzen ausgewählter Profile durchzuführen. Von den anderen Versuchsanlagen, die neu beschafft bzw. modernisiert wurden, seien die Plastometer, das servohydraulische Prüfsystem, die Zieheinrichtungen, eine kleine Presse, die Spritzgussmaschine, sowie Austreib- und Sinteröfen für die Pulvermetallurgie genannt. Die zugehörigen Mess- und Auswertesysteme sowie die Rechentechnik wurden ebenfalls vervollständigt.

Prof. Hensel bearbeitete federführend nachstehende Forschungsgebiete in der Zeit von 1970 bis 1991:

- Warmwalzen von Qualitäts- und Edelstählen, insbesondere von ferritischen Chromstählen und von zweiphasigen Cr-Ni-Stählen zu Stäben und Drähten,
- Formänderungsvermögen von Stählen nach verschiedenen Prüfmethoden,
- Warmwalzen und Ziehen von Kupferdrähten,
- Walzen von Metallpulvern bei erhöhten Temperaturen,
- Normal- und Tangentialspannungsverlauf beim Walzen in Streckkalibern,
- Feinstdrahtziehen mit Diamantwerkzeugen,

- Kraft- und Arbeitsbedarf, Werkstofffluss beim Kaltstauchen von Normteilen aus Edelstählen,
- Kraft- und Arbeitsbedarf, Breitung und Streckung beim Walzen in Streckkalibern, Erarbeitung eines Rechenmodells.

Im Ergebnis der genannten wissenschaftlichen und hochschulpädagogischen Leistungen sowie seiner Veröffentlichungen wurde ihm am 18. Oktober 1977 der akademische Titel „doctor scientiae technicarum“ (Dr. sc. Tech.) auf dem Gebiet des Werkstoffwesens verliehen, der am 30. April 1991 in den eines habilitierten Doktors der technischen Wissenschaften „Dr.-Ing. habil.“ gewandelt wurde.

Neben den Aufgaben im Institut bzw. in der Sektion wurde ihm für den Zeitraum 1975 bis 1980 die Funktion des Prorektors für Naturwissenschaft und Technik der Bergakademie Freiberg übertragen. Prof. Hensel war weiterhin Leiter des Fachausschusses Metallformung in der Montanwissenschaftlichen Gesellschaft von 1971 bis 1990 und wirkte jahrelang in der Sektion Schwarzmetallurgie des RGW mit (berufen im Jahr 1972).

In Verbindung mit der völligen Neugestaltung der Bergakademie nach der

Wiedervereinigung 1990 kam es auch in der Metallformung zu Umstrukturierungen. Prof. Hensel erhielt im Gefolge eines Evaluierungsverfahrens vom Hochschulminister die ausdrückliche Genehmigung zur Lehrtätigkeit an allen Universitäten im Rahmen einer C3-Professur „Technologie der Metallformung“.

Auf dem Gebiet der Lehre blieb er in dieser Zeit seinen Aufgaben treu, und als Forscher befasste er sich von 1991 – 1996 mit folgenden Schwerpunkten:

- Mathematische Modellierung des Werkstoffflusses, des Kraft- und Arbeitsbedarfs beim Walzen von Profilen,
- Endabmessungsnahes Gießen und Walzen von Trägern und Schienen nach dem Vertikaleinbau in das Sackgerüst,
- Softwarelösungen für die mathematische Simulation des Walzens von Langprodukten,
- Walzen von Stäben und Drähten aus hochlegierten Stählen und Schwermetalllegierungen Cu, Ni, NiCr, FeNi, CuNi, NiMn, NiCrMoNb, NiCuAl,
- Temperaturkontrolliertes Walzen und Abkühlen von Edelstählen,
- Drahtwalzen mit eingeengten Toleranzen,

- Kaltwalzen von Drähten aus Titan, Zirkon, Niob, Tantal und TiAl6V4,
- Betriebsuntersuchung an einem Formstahlwalzwerk mit Universalgerüsten im Reversiertandembetrieb.

Aus der Lehr- und Forschungstätigkeit resultierten insgesamt 142 wissenschaftliche Veröffentlichungen im In- und Ausland.

Am 1. April 1990 wurde Prof. Hensel Mitglied des VDEh, in dem er vorwiegend im Walzwerksausschuss mitarbeitete. Bis Ende 1993 war er im Leipziger Lektoratsbeirat bzw. bis zur Einstellung der Zeitschrift „Neue Hütte“ auch in deren Redaktionsbeirat tätig.

Auch nach Beendigung seiner Hochschultätigkeit blieb Prof. Hensel noch lange Jahre aktiv und bearbeitete bis 2011 noch Aufträge der Industrie bzw. der Hochschule.

Alle seine Kollegen und Studierenden sowie die Fachwelt werden Herrn Prof. Dr. Arno Hensel als eine herausragende Hochschullehrerpersönlichkeit in Erinnerung behalten. Voll Dankbarkeit und Hochachtung werden wir ihm ein ehrendes Gedenken bewahren.

■ **Ulrich Prahl und Madlen Ullmann**

## Fakultät für Mathematik und Informatik trauert um Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner



Doz. Dr. Gärtner (Mitte) bei einer Veranstaltung 2012

Am 8. Mai 2022 verstarb das ehemalige Mitglied unserer Fakultät, Herr Doz. Dr. Karl-Heinz Gärtner.

In seiner Zeit als Leiter des sogenannten Lektorats der Sektion Mathematik (1969-1990) und darüber hinaus bis zu seinem Ruhestand hielt er die Vorlesungen für den Grundkurs Höhere Mathematik für Ingenieure, zwischenzeitlich auch für Ökonomen und Naturwissenschaftler, ebenso auch Vorlesungen im Fernstudium (1964-1967).

Für seine Vorlesungen der Höheren

Mathematik genoss er hohe Anerkennung bei seinen Studenten und bei den Kollegen auch anderer Sektionen/Fakultäten der Bergakademie. Er verstand es außergewöhnlich gut, in seinen Lehrveranstaltungen den Studenten genau die Mathematik beizubringen, die sie in ihren Fachrichtungen brauchten: breit angelegt, in angemessener Tiefe, anwenderfreundlich und anwendungsbereit. Sein offenes, freundliches und oft auch humorvolles Auftreten ergänzten seine fachliche Kompetenz auf ideale Weise.

So war er ein wichtiger Vermittler zwischen der Mathematik und den anderen Sektionen/Fakultäten der Bergakademie; man kann mit Fug und Recht sagen: „Über viele Jahrzehnte wurde durch seine mathematische Grundlagenlehre ein Großteil der Absolventen der ingenieur-, natur- und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengänge der Bergakademie ge-

prägt.“ Er war mit seiner engagierten Tätigkeit ein wichtiger, integrativ wirkender Hochschullehrer für Hörerinnen und Hörer des gesamten fachlichen Spektrums unserer Universität.

Nach seiner Promotion 1964 erwarb er 1970 die Facultas docendi und erhielt dann 1992 eine Außerplanmäßige Hochschuldozentur. Er war Mitautor zahlreicher beliebter Lehrbriefe, Lehrbücher und Aufgabensammlungen.

In der Nachwendezeit engagierte er sich aktiv in der Personalkommission sowie in der Fachkommission des Fachbereichs, im Senat, in verschiedenen Senatskommissionen und anderen Gremien.

Für seine Verdienste wurde er 1999 mit der Universitätsmedaille ausgezeichnet.

Sein plötzliches Ableben hat uns erschüttert. Wir werden ihm stets ein ehrendes Gedenken bewahren.

■ **Martin Sonntag**

# Gedenken an Hochschulratsmitglied Mario Behrendt



Am 5. Juli 2022 auf der 12. Sitzung des Hochschulrates gedachten die Mitglieder Herrn Mario Behrendt, Hochschulratsmitglied von 2010 bis 2019.

Herr Behrendt ist im April 2022 im Alter von 61 Jahren verstorben.

Herr Behrendt war langjähriger Geschäftsführer der SolarWorld Industries Sachsen GmbH und prägte mehr als zehn Jahren die Geschicke des SolarWorld-Standorts Freiberg.

2019 war Herr Behrendt aus gesundheitlichen Gründen aus dem Hochschulrat ausgeschieden. Die Mitglieder der TU Bergakademie Freiberg und des Hochschulrates der TU Bergakademie

Freiberg haben diese Entscheidung bedauert, da sie mit Herrn Behrendt eine weltoffene und kompetente Persönlichkeit verloren haben, die all die Jahre sich für den Universitätsstandort und die Entwicklung der TU Bergakademie Freiberg eingesetzt hat. Er war über den langen Zeitraum seiner Hochschulratstätigkeit eine wichtige Stütze der Universität und hat sich aktiv in die Profilbildung und Verbesserung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Universität eingebracht.

Die Mitglieder werden sein Andenken stets in höchsten Ehren bewahren.

■ Ellen Weißmantel

# Universität trauert um Klaus Zschoke



Dr. Klaus Zschoke, Begründer der Sammlung historischer Gasgeräte, hier mit einer gasbetriebenen Kaffeeröstmaschine.

Am 8. August dieses Jahres verstarb Dr.-Ing. Klaus Zschoke im Alter von 86 Jahren. Große Verdienste erwarb sich Herr Dr. Zschoke um den Aufbau einer beeindruckenden Sammlung historischer Gasgeräte. Dank seiner Weitsicht und Beharrlichkeit blieben zahlreiche Gerätschaften der 1953 gegründeten Gasinstitute der Bergakademie erhalten. Mit großem persönlichem Einsatz wurde im Jahr 1998 eine repräsentative Ausstellung solcher Geräte im ehemaligen Ofenhaus der Gasbereitungsanstalt Freiberg in der Hornstraße (heute inetz GmbH) eingerichtet. Gemäß der Samm-

lungsordnung von 2014 gehört „Die Sammlung historischer Gasgeräte“ auch offiziell zum schützenswerten Kulturgut der TU Bergakademie. Den akribischen Forschungen von Dr. Zschoke ist es auch zu verdanken, dass das Jahr 1812 als Geburtsjahr der öffentlichen Gasversorgung auf dem europäischen Kontinent ausgewiesen wird, als Wilhelm August Lampadius in Freiberg die erste Straßenlaterne betrieb. Das Ganze ist nachzulesen in seinem Werk „200 Jahre Gastechnik – ausgewählte Ereignisse“. Spuren von Klaus Zschokes Wirken sind auch bei einem Spaziergang durch die Stadt Freiberg zu finden. So hat er bei der Rekonstruktion einer Replik der historischen Gaslaterne des Professor Lampadius von 1812 mitgewirkt, zu besichtigen am Freiberger Obermarkt. Auch das Lampadius-Denkmal am Freiberger Lehrtenweg trägt seine Handschrift. Dies sind wichtige Beispiele für seine Bemühungen gegen das Vergessen bedeutender Persönlichkeiten und Ereignisse, für die er im Jahr 2014 mit dem Andreas-Möller-Geschichtspreis geehrt wurde.

Bis 2000 lehrte und forschte Klaus Zschoke erfolgreich am inzwischen neu gegründeten Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik der TU Bergakademie Freiberg. Zahlreiche Absolventen verdanken dem 1936 geborenen Gasfachmann eine exzellente Ausbildung.

Vorlesungen, Übungen, Praktika und Exkursionen hatten bei ihm immer einen individuellen Touch und den besonderen praktischen Bezug, der für die Ausbildung in Freiberg so typisch ist. Nicht zuletzt deshalb sind Absolventen aus Freiberg allerorten nachgefragt, geschätzt und anerkannt. Die vielfältigen guten Verbindungen, das Netzwerk, das sich Dr. Zschoke bereits zu DDR-Zeiten unter dem skeptischen Blick der Parteiführung auch im „Westen“ aufgebaut hatte, kamen immer auch den Studierenden zugute.

Als Initiator und Mitbegründer des Förderkreises Gastechnik unter dem Dach des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V. widmete er sich weit über den Beginn seiner Pensionierung hinaus der idealen, finanziellen und auch der praktischen Unterstützung der TU Bergakademie Freiberg – und hier insbesondere der Förderung der Ausbildung junger Menschen im Ingenieurberuf.

Nicht nur wegen seiner hohen fachlichen Kompetenz, sondern auch durch seine aufrichtige, direkte, zupackende, motivierende Art und durch seinen Pragmatismus war Dr. Klaus Zschoke allen, die mit ihm zusammenarbeiteten, ein geschätzter Partner und Vorbild für seine Studenten.

■ Saskia Wesolowski

# Nachruf auf Prof. Gert Grabbert



Am 04. August 2022 verstarb im Alter von 82 Jahren **Herr Professor Dr.-Ing. habil. Gert Grabbert**.

Herr Grabbert wurde am 18.05.1940 in Stralsund geboren, lebte aber mit seiner Mutter seit 1941 in Freiberg. Der Vater fiel im Krieg. Er besuchte die Oberschule „Geschwister Scholl“ in Freiberg und legte sein Abitur 1958 mit sehr gut

ab. Danach schloss sich ein Studium an der TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, an, das er 1966 mit dem Diplom abschloss.

Von 1966 an arbeitete er an der TU Freiberg, zunächst als wissenschaftlicher Assistent, später als Oberassistent in der Verfahrenstechnik. Er hatte maßgeblichen Anteil am Aufbau des Instituts unter Professor Wünsch, was mit der Übertragung selbständiger Lehraufgaben anerkannt wurde. 1974 wurde er zum Dr.-Ing. promoviert. 1988 schloss er seine Dissertation B (Dr.-Ing. habil) ab.

In Würdigung seiner Arbeiten und seiner Befähigung wurde Herr Grabbert 1993 zum außerplanmäßigen Professor für Thermische Verfahrenstechnik berufen.

Seit 1994 hat er sich als Studiendekan für den Studiengang Verfahrenstechnik und den Aufbaustudiengang Umweltverfahrenstechnik außerordentlich um die Organisation des Studienbetriebs verdient gemacht. Von den Studierenden wurde ihm deshalb Vertrauen und Achtung entgegengesetzt.

bracht, Er war bei den Studierenden sehr beliebt. Die Kollegen und Mitarbeiter schätzten sein exzellentes Fachwissen, verbunden mit seinem kollegialen und verbindlichen Wesen. Für sein großes Engagement in der Lehre wurde er 1999 mit der Julius-Weisbach-Medaille der TU Freiberg ausgezeichnet.

In der Forschung war Herr Grabbert aktiv und erfolgreich tätig, auch war er an einem Graduiertenkolleg beteiligt und pflegte internationale Kontakte insbesondere zur TU Krakau.

Seine Erkenntnisse und Erfahrungen flossen in Veröffentlichungen, Vorträge und neue Lehrveranstaltungen ein. National und international war er ein hoch geachteter Wissenschaftler und Hochschullehrer.

In der Wendezeit hat sich Gert Grabbert in hohem Maße um die Neustrukturierung unserer Universität verdient gemacht, was besonders zu schätzen ist.

Wir werden ihm ein ehrendes Gedächtnis bewahren.

■ Volker Köckritz

# Nachruf auf Prof. Gert Irmer



Foto: B. Ostermay, privat

Abb. 1: Prof. Gert Irmer beim Bauen im Ramanlabor, was zu seinen liebsten Beschäftigungen gehörte.

Am 21. August 2022 ist Prof. Gert Irmer im Alter von 78 Jahren überraschend verstorben. Wir trauern um einen national und international hochgeachteten und verdienstvollen Kollegen, der viel zur Bekanntheit der Physik in Freiberg beigetragen hat.

Gert Irmer wurde am 18. April 1944 in Freiberg geboren. Von 1962 bis 1967 hat er „Angewandte Physik“ in Magdeburg studiert. Danach kehrte er nach Freiberg zurück, um 1972 seine Promotion an der Bergakademie Freiberg mit dem Titel „Theoretische Untersuchungen zur Struktur und Strömung von Liquidphasen in Mikroporen“ unter Betreuung von Prof. Dr. W. Buchheim zu verteidigen.

Hervorzuheben für diese Zeit ist die Etablierung der Ramanspektroskopie und Laserphysik in Freiberg durch den Aufbau des Ramanlabors, welches er seit 1976 leitete. In diesem Labor wurde 1968 einer der ersten Laser an der Berg-

akademie in Betrieb genommen, um ramanspektroskopische Untersuchungen vorwiegend für die Fachbereiche Physik, Werkstoffwissenschaften, Chemie und Geowissenschaften sowie einer Arbeitsgruppe der Sächsischen Akademie der Wissenschaften durchzuführen.

Prof. Irmer blieb Freiberg treu, zunächst als wissenschaftlicher Assistent von 1972 bis 1979 und danach als Oberassistent am Wissenschaftsbereich Theoretische Physik der Sektion Physik der Bergakademie Freiberg, später am Institut für Theoretische Physik.

1982/83 arbeitete er für einige Zeit im Ausland am Joffé-Institut der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg. Im Jahr 1989 habilitierte sich Prof. Irmer mit der Arbeit „Beiträge zur ramanspektroskopischen Charakterisierung von Verbindungshalbleitern“ und erhielt 1990 die „Facultas docendi“ für das Fachgebiet „Theoretische Physik“.

Die wissenschaftlichen Interessen

von Prof. Irmer waren sehr umfangreich, was sich auch in über 150 Publikationen in internationalen Zeitschriften ausdrückte. Er war auch im Ruhestand unermüdlich, die letzte Veröffentlichung von ihm erschien im August 2022.

Seine ramanspektroskopischen und theoretischen Untersuchungen an Verbindungs-halbleitern, insbesondere zu Phononen, Phonon-Plasmon-Kopplung und flachen Störstellen, seine Arbeiten zu Kristalleigenschaften (Korngrenzen, Wachstumsstreifen, Versetzungen, Ausscheidungen) oder die optische

Charakterisierung von Festkörpern mit Strukturierung im Nanometerbereich haben national und international große Anerkennung gefunden. Seine Beteiligung an Mikroramanuntersuchungen an Mineralen und Einflüssen hat dazu beigetragen die Ramanspektroskopie auf diesem Gebiet als eine wichtige Untersuchungsmethode zu etablieren.

Aufgrund seiner wissenschaftlichen Leistungen erhielt er 2001 den Titel apl. Professor.

Neben der Forschung lag ihm auch immer die Ausbildung der Studierenden und Doktoranden am Herzen, bei

der er sich stets stark engagierte. Seine mit Begeisterung vorgetragenen Vorlesungen, z. B. zur Kontinuumsmechanik oder Laserphysik, sind bestimmt ehemaligen Studierenden noch gut in Erinnerung und gehören auch heute immer noch zum Curriculum der Ausbildung.

Mit Prof. Gert Irmer verliert die TU Bergakademie Freiberg einen Kollegen, der über Fakultätsgrenzen hinaus geschätzt wurde und der viele Jahrzehnte unermüdlich zum Wohle der Universität wirkte. Wir werden sein Andenken in Ehren halten.

■ **Jens Kortus**

## Wir trauern um unsere Vereinsmitglieder

† Dr. rer. nat. Silke Tesch, Freiberg

04.06.1963-24.01.2022

† Prof. Dr.-Ing. habil. Arno Hensel, Chemnitz

25.04.1931-03.03.2022

† Dr.-Ing. Manfred Lawrenz Freiberg

10.01.1937-05.03.2022

† Dipl.-Ing. Dieter Götze, Weißfels

06.05.1939-08.04.2022

† Dr. rer. nat. Karl-Heinz Gärtner, Freiberg

10.06.1935-08.05.2022

† Dipl.-Ing. Werner Teubner, Merseburg

16.01.1937-20.05.2022

† Dr.-Ing. Gerd Severin, Dresden

25.10.1928-04.06.2022

† Dr.-Ing. Christoph Denke, Brand-Erbisdorf

07.06.1937-01.08.2022

† Prof. i. R. Dr.-Ing. habil. Gert Grabbert, Freiberg

18.05.1940-04.08.2022

† Dr.-Ing. Klaus Zschoke, Freiberg

03.01.1936-08.08.2022

† Dipl.-Ing. Hans-Peter Behrendt, Freiberg

10.02.1945-19.10.2022

### Bereits 2021 verstorben

† Prof. Dr. Rudhard Klaus Müller, Brandis-Waldsteinberg

20.08.1936-16.11.2021

† Dipl.-Chem. Peter Vogel, Bad Lausick

18.05.1954-19.12.2021

# Geburtstage unserer Vereinsmitglieder

## 60. Geburtstag

Dr. Achtziger, Roland, Freiberg  
Frau Bernhardt, Annette, Halsbrücke  
Dipl.-Min. Docekal, Andrea, Freiberg  
Prof. Dr. Elicki, Olaf, Freiberg  
Dipl.-Ing. Fürst, Wolfgang, Halle  
Dipl.-Ing. Heidemann, Frank, Kleinpürschütz  
Dipl.-Ing. Hunold, Detlef, Aue  
Dipl.-Ing. Koppehl, Gerd, Heroldsbach  
Dipl.-Ing. Kühlhorn, Wolfgang, Fuchshain  
Prof. Dr. Lieberwirth, Holger, Leipzig  
Dr. Pohl, Norman, Freiberg  
Dr. Raatz, Simone, Freiberg  
Prof. Dr. Schäfer, Klaus, Bayreuth  
Prof. Dr. Scheytt, Traugott, Freiberg  
Dipl.-Ing. Schmidt, Ralf Max, Hannover  
Dipl.-Ing. Schmiedel, Simone, Freiberg  
Prof. Schramm, Hans-Ferdinand, Freiberg  
Dipl.-Ing. Schubert, Jens-Dieter, Pätz-Bestensee  
Dr. Seifert, Gudrun, Plauen  
Herr Vetter, Ulf, Döbeln  
Dr.-Ing. Wahl, Thomas, Weißenborn  
Dr. Weißmantel, Ellen, Chemnitz  
Dipl.-Ing. Zschutschke, Jens, Zwickau

## 65. Geburtstag

Dipl.-Chem. Börner, Gerd, Bad Köstritz  
Prof. Dr. Ehrlich, Hermann, Goppeln  
Dipl.-Ing. Fleischer, Bernd, Schönebeck  
Herr Franke, Bernd, Uslar  
Dipl.-Ing. Huhle, Hartmut, Seegebiet Mansfelder Land  
Dipl.-Ing. Kreller, Harry, Augustusburg  
Prof. Dr. Matschullat, Jörg, Freiberg  
Dipl.-Geol. Möller-Schröter, Andrea, Leipzig  
Dr. Mörters, Ulrich, Freiberg  
Prof. Dr. Ring, Gerhard, Freiberg  
Prof. Dr. Schlömann, Michael, Freiberg  
Dr. Seibt, Peter, Neubrandenburg  
Prof. Dr. Sonntag, Martin, Freiberg  
Herr Tröndle, Johannes, Krauchthal

## 70. Geburtstag

Dipl.-Ing. Beckert, Siegmar, Brandenburg  
Dipl.-Ing. (FH) Bernig, Joachim, Markkleeberg  
Dr. Bock, Margot, Ilmenau  
Prof. Dr. Enke, Margit, Leipzig  
Prof. Dr. Grosse, Diana, Dresden  
Dipl.-Ing. Höppner, Arnim, Weißwasser  
Dipl.-Geol. Hunstock, Frank, Habichtswald  
Prof. Dr. Kawalla, Rudolf, Bobritzsch  
Dr. May, Peter, Pirna  
Dipl.-Ing. Mehner, Jonny, Osterholz-Scharmbeck  
Prof. Dr. Meyer, Bernd, Freiberg  
Dr. Pöschmann, Ullrich, Freiberg  
Dipl.-Geol. Rank, Karin, Oberschöna

Dipl.-Ing. Rauh, Reinhard, Dresden  
Dr. Rieß, Christian, Neuruppin  
Dr. Weiß, Berthold, Suhl

## 75. Geburtstag

Prof. Dr. Brezinski, Horst, Oberschöna  
Prof. Dr. Fahning, Egon, Freiberg  
Dipl.-Ing. Fahr, Walter, Riesa  
Dr. Friederici, Carmen, Freiberg  
Dr. Jentsch, Frieder, Chemnitz  
Dipl.-Ing. Moser, Hans-Christoph, Freiberg  
Dipl.-Ing. Stauch, Thomas, Leipzig  
Dipl.-Chem. Szabados, Dagmar, Halle  
Dr. Tzscharischchuk, Dietmar, Freiberg

## 80. Geburtstag

Dr. Bandlowa, Tatjana, Berlin  
Prof. Dr. Bast, Jürgen, Freiberg  
Prof. Dr. Bohmhammel, Klaus, Freiberg  
Dr. Czolbe, Peter, Freiberg  
Herr Döll, Hanns-Jürgen, Schorfheide  
Dr. Flade, Tilo, Freiberg  
Prof. Dr. Freiesleben, Hartwig, Dresden  
Prof. Dr. Freyer, Bernd, Gera  
Dr. Friedel, Hans-Georg, Freiberg  
Dipl.-Ing. Hammer, Gerd, Magdeburg  
Dr. Heinze, Frank, Königs-Wusterhausen  
Prof. Dr. Husemann, Klaus, Freiberg  
Prof. Dr. Köckritz, Volker, Freiberg  
Dr. Kunert, Hannes, Hoyerswerda  
Dipl.-Ing. Lndl, Wilhelm, Freiberg  
Dr. Neuhofer, Richard, Petersberg  
Dipl.-Ing. Nitzsche, Wolfgang, Heidenau  
Herr Oehme, Rolf, Freiberg  
Dipl.-Ing. Otto, Gerhard, Bobritzsch-Hilbersdorf  
Prof. Dr. Schneider, Wolf-Dieter, Essen  
Prof. Dr. Schüler, Wolfgang, Chemnitz  
Dipl.-Ing. Tittel, Peter, Berlin  
Frau Ulbricht, Trude, Freiberg  
Prof. Dr. Walter, Gerd, Dresden

## 81. Geburtstag

Dr.-Ing. Adam, Jochen, Dresden  
Dr. Dobry, Ulrich, Freiberg  
Dr. Dornburg, Dieter, Freiberg  
Dipl.-Geol. Dörfer, Hubertus, Freiberg  
Dipl.-Kfm. Finger, Bodo, Bochum  
Dipl.-Ing. Fischer, Karl-Heinz, Thoßfell  
Prof. Dr. Gminder, Rolf, Heilbronn  
Prof. Dr. Heschel, Wolfgang, Freiberg  
Dr. Höhne, Diethard, Freiberg  
Dipl.-Ing. Jäpel, Gernot, Mittenwalde  
Dr. Medicus, Günther, Torgau  
Dr. Moewes, Klaus, Altenburg  
Dipl.-Ing. Reinhardt, Oskar, Eilenburg  
Dr. Rühlicke, Margarete, Freiberg  
Dr. Runge, Werner, Freiberg

Dipl.-Ing. Staar, Manfred, Halle/Saale  
Dipl.-Ing. Stachel, Günter, Freiberg  
Dipl.-Ing. Stricker, Roland, Hoyerswerda  
Dr. Trommer, Dietmar, Freiberg  
Dr. Zöllner, Wolfgang, Leipzig

## 82. Geburtstag

Dr. Benedix, Volker, Freiberg  
Frau Brückner, Johanna, Freiberg  
Dipl.-Ing. Eckhardt, Dieter, Essen  
Dr. Erler, Klaus, Berlin  
Prof. Dr. Forkmann, Bernhard, Nossen  
Prof. Dr. Häfner, Frieder, Freiberg  
Prof. Dr. Heegn, Hanspeter, Freiberg  
Dipl.-Ing. Heinrich, Claus, Bernburg  
Dr. Hofmann, Walter, Freiberg  
Prof. Dr. Jäckel, Gottfried, Freiberg  
Dr. Jurisch, Manfred, Dresden  
Prof. Dr. Kausch, Peter, Brühl  
Dipl.-Ing. Krakau, Bernhard-Rolf, Wittenförden  
Dr. Kühn, Peter, Berlin  
Dr. Kühne, Wulf, Frauenstein  
Prof. Dr. Kuhnert, Gerd, Flöha  
Dr. Letz, Peter, Staufen im Breisgau  
Dr. Mühl, Peter, Berlin  
Univ.-Prof. Dr. Naumann, Friedrich, Chemnitz  
Prof. Dr. Naundorf, Wolfgang, Freiberg  
Prof. Dr. Oettel, Heinrich, Freiberg  
Dipl.-Ing. Petrasch, Wolfram, Leipzig  
Prof. Dr. Schubert, Gert, Freiberg  
Dipl.-Ing. Schulze, Helmut, Oranienburg  
Dr. Schüttoff, Michael, Dresden  
Frau Steinmetz, Hella, Freiberg  
Prof. Dr. Stoyan, Dietrich, Freiberg  
Frau Tetzner, Ruth, Freiberg  
Prof. Dr. Thomas, Berthold, Dresden  
Dr. Vogel, Jochen, Steinach  
Prof. Dr. Woditsch, Peter, Krefeld

## 83. Geburtstag

Dr. Breiter, Bernhard, Erfurt  
Dipl.-Ing. Bretschneider, Conrad, Rudolstadt  
Prof. Dr. Henkel, Egon Hermann, Essen  
Dipl.-Ing. Hensel, Horst, Berlin  
Dipl.-Ing. Herrmann, Rolf, Chemnitz  
Dipl.-Ing. Jähnig, Klaus, Freiberg  
Dipl.Verw.wirt Karner, Karl, Burglengenfeld  
Dipl.-Ing. (FH) Klinger, Horst, Markkleeberg  
Dr. Klünder, Ekkehard, Wolfach  
Dr. Kühnel, Günter, Oberschöna  
Prof. Dr. Lohmann, Karl, Emden  
Dipl.-Ing. Mohnke, Klaus, Kolkwitz  
Dipl.-Ing. Moye, Udo, Habichtswald-Ehlen  
Dr. Nobis, Karl-Heinz, Königs Wusterhausen  
Prof. Dr. Obermeier, Frank, Rosdorf  
Dr. Ossenkopf, Peter, Freiberg  
Dr. Pönitz, Eberhard, Freiberg  
Dipl.-Ing. Proksch, Josef, Leipzig

Dr. Reuter, Edgar, Leipzig  
 Dipl.-Ing. Richter, Manfred, Neuhausen  
 Dr. Scheffler, Dietrich, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Schirrmeister, Ekkehard, Ballenstedt  
 Dr. Schmid, Karl, Berlin  
 Dr. Schütter, Wieland, Markkleeberg  
 Dr. Seifert, Günter, Hoyerswerda  
 Dipl.-Ing. Sierich, Volker, Saalfeld  
 Dipl.-Ing. Steckelmann, Hans-Werner, Schwerin  
 Prof. Dr. Steinmann, Klaus, Essen  
 Dipl.-Ing. Ullmann, Rainer, Weißenfels  
 Prof. Dr. Vulpius, Rainer, Brand-Erbisdorf  
 Prof. Dr. Wolf, Dieter, Berlin  
 Dipl.-Ing. Zabel, Helmut, Wolmirstedt

#### 84. Geburtstag

Dr. Bayer, Manfred, Oberschöna  
 Dr.-Ing. Bittner, Horst, Wilsdruff  
 Dipl.-Ing. Bormann, Frank, Großpösna  
 Prof. Dr. Born, Manfred, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Egemann, Heinz, Aschersleben  
 Dr.-Ing. Engelhardt, Reiner, Freiberg  
 Dr.-Ing. Eulenberger, Karl-Heinz, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Fischer, Rudolf, Kassel  
 Dr. Hempel, Dieter, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Herold, Horst, Taucha  
 Dipl.-Ing. (FH) Illing, Dieter, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Kloppe, Klaus, Berlin  
 Dr. Kretzer, Johannes, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Link, Joachim, Freiberg  
 Prof. Dr. Michel, Wolfgang, Magdeburg  
 Dr. Pälchen, Werner, Halsbrücke  
 Dr. Papendick, Gero, Freiberg  
 Dr. Richter, Horst, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Schneider, Klaus, Berlin  
 Dr. Seifert, Harald, Freiberg  
 Dr. Trillhose, Andreas, Freiberg  
 Dr. Wehrsig, Hartmut, Freiberg  
 Dr. Zichel, Joachim, Markkleeberg  
 Dr. Zinke, Hans-Georg, Freiberg

#### 85. Geburtstag

Dipl.-Ing. Albrecht, Fritz, Leipzig  
 Dr. Dombrowe, Helfried, Freiberg  
 Prof. Dr. Döring, Karl, Eisenhüttenstadt  
 Dr. Dressel, Siegfried, Wilkau-Haßlau  
 Dipl.-Ing. Eger, Wolfgang, Langenfeld  
 Dr. Freiesleben, Heiner, Lübeck  
 Prof. Dr. Gatzweiler, Rimbert, Saarbrücken  
 Dr. Liersch, Wolfgang, Cottbus  
 Dr. Lietzmann, Klaus Dieter, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Nauke, Herbert, Magdeburg  
 Dr. Rütger, Gert, Freiberg  
 Dr. Schab, Dietmar, Freiberg  
 Dipl.-Geol. Schmitz, Wolfgang, Hoyerswerda  
 Prof. Dr. Seidelmann, Peter, Freiberg  
 Dr. Wieschebrink, Günter, Leipzig

#### 86. Geburtstag

Dr. Altmann, Walter, Leipzig

Prof. Dr. Fenk, Jürgen, Dresden  
 Frau Hegenberg, Brigitte, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Irmer, Dieter, Chemnitz  
 Dr.-Ing. Jagnow, Hans-Joachim, Dortmund  
 Assessor d. Bergfachs Kegel, Karl-Ernst, Köln (Riehl)  
 Dr. h. c. Krüger, Erika, München  
 Prof. Dr. Meyer, Lutz, Voerde  
 Dr. Modde, Peter, Freiberg  
 Prof. Dr. Oehlstöter, Gerhard, Magdeburg  
 Dipl.-Ing. Redlich, Hans, Freiberg  
 Dr. Rühlicke, Dietrich, Freiberg  
 Prof. Dr. Schlegel, Ernst, Freiberg  
 Dr. Schmidt, Joachim, Halsbrücke  
 Prof. Dr. Schulle, Wolfgang, Freiberg  
 Dr. Siegert, Wolfgang, Leipzig  
 Dipl.-Ing. Skolik, Horst, Schöneiche b. Berlin  
 Dipl.-Ing. Tobies, Alfred, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Tröger, Hans-Jürgen, Chemnitz  
 Assessor des Bergfachs Wahnschaffe, Horst, Essen  
 Prof. Dr. Wiehe, Jürgen, Freiberg

#### 87. Geburtstag

Dr. Hildmann, Eckart, Fulda  
 Dipl.-Ing. Hofmann, Lothar, Leipzig  
 Dipl.-Ing. Lehmann, Rudolf, Borna  
 Dr. Müller, Helmut, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Schulze, Hans-Joachim, Berlin  
 Prof. Dr. Wegerdt, Christian, Freiberg  
 Dr. Winter, Siegfried, Dippoldiswalde  
 Frau Zschoke, Marlene, Freiberg

#### 88. Geburtstag

Prof. Buhrig, Eberhard, Dresden  
 Dr. Ebel, Klaus, Ingersleben  
 Dipl.-Ing. Gottschalk, Jürgen, Hamburg  
 Dipl.-Ing. Hofmann, Johannes, Freiberg  
 Dr. John, Manfred, Freiberg  
 Prof. Dr. Kochs, Adolf, Lichtenanne  
 Prof. Dr. Köpsel, Ralf, Dresden  
 Dipl.-Ing. Nicolai, Thomas, Dresden  
 Prof. Dr. Oelsner, Christian, Freiberg  
 Prof. Dr. Spies, Heinz-Joachim, Freiberg  
 Dr. Ulbricht, Joachim, Freiberg  
 Prof. Dr. Walde, Manfred, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Wiesenfeldt, Ludwig, Mülheim a. d. Ruhr

#### 89. Geburtstag

Dr. Denecke, Albrecht, Buchholz  
 Prof. Dr. Förster, Wolfgang, Halsbrücke  
 Dr. Hahn, Manfred, Freiberg  
 Dr. Harzt, Dietmar, Freiberg  
 Dr. Krüger, Walter, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Lemke, Heinrich, Leipzig  
 Prof. Dr. Piatkowiak, Norbert, Großschirma  
 Dr. Rocktaeschel, Gottfried O., Dresden-Neustadt  
 Dr. Schmidt, Tankred, Hoyerswerda

#### 90. Geburtstag

Dipl.-Ing. Hohoff, Wilhelm, Lingen  
 Prof. Dr. Lehnert, Wolfgang, Freiberg  
 Dr. Mitzinger, Wolfgang, Berlin  
 Dipl.-Ing. Schölzel, Helmut, Muldestausee  
 Prof. Dr. Straßburger, Christian, Dinslaken  
 Dr. Strasse, Wolfgang, Berlin

#### 91. Geburtstag

Prof. Dr. Brand, Paul, Freiberg  
 Dr. Göhler, Peter, Freiberg  
 Prof. Dr. Marx, Claus, Owingen  
 Dipl.-Berging. Mertens, Volkmar, Essen-Steele  
 Dr. Pforr, Herbert, Freiberg  
 Dipl.-Ing. Vielmuth, Alfred, Gera

#### 92. Geburtstag

Prof. Dr. Engshuber, Manfred, Ilmenau  
 Prof. Dr. Heyne, Karl-Heinz, Leipzig  
 Dipl.-Ing. Knickmeyer, Wilhelm, Essen  
 Dipl.-Ing. Meining, Klaus, Dresden  
 Herr Mester, Egon, Buxtehude  
 Dr. Schulze, Günter, Bad Liebenwerda  
 Prof. Dr. Uhlig, Dieter, Altenberg  
 Assessor des Bergfachs Worringer, Dieter, Essen

#### 93. Geburtstag

Prof. Dr. Kolditz, Lothar, Fürstenberg/Havel  
 Dipl.-Ing. Schubert, Wolfgang, Bad Elster

#### 94. Geburtstag

Dipl.-Ing. Bannert, Horst, Neuhof  
 Dr.-Ing. Klepel, Gottfried, Markkleeberg

#### 95. Geburtstag

Prof. Dr. Kratzsch, Helmut, Berlin

#### 97. Geburtstag

Prof. i. R. Köhler, Johannes, Olbersdorf

#### 98. Geburtstag

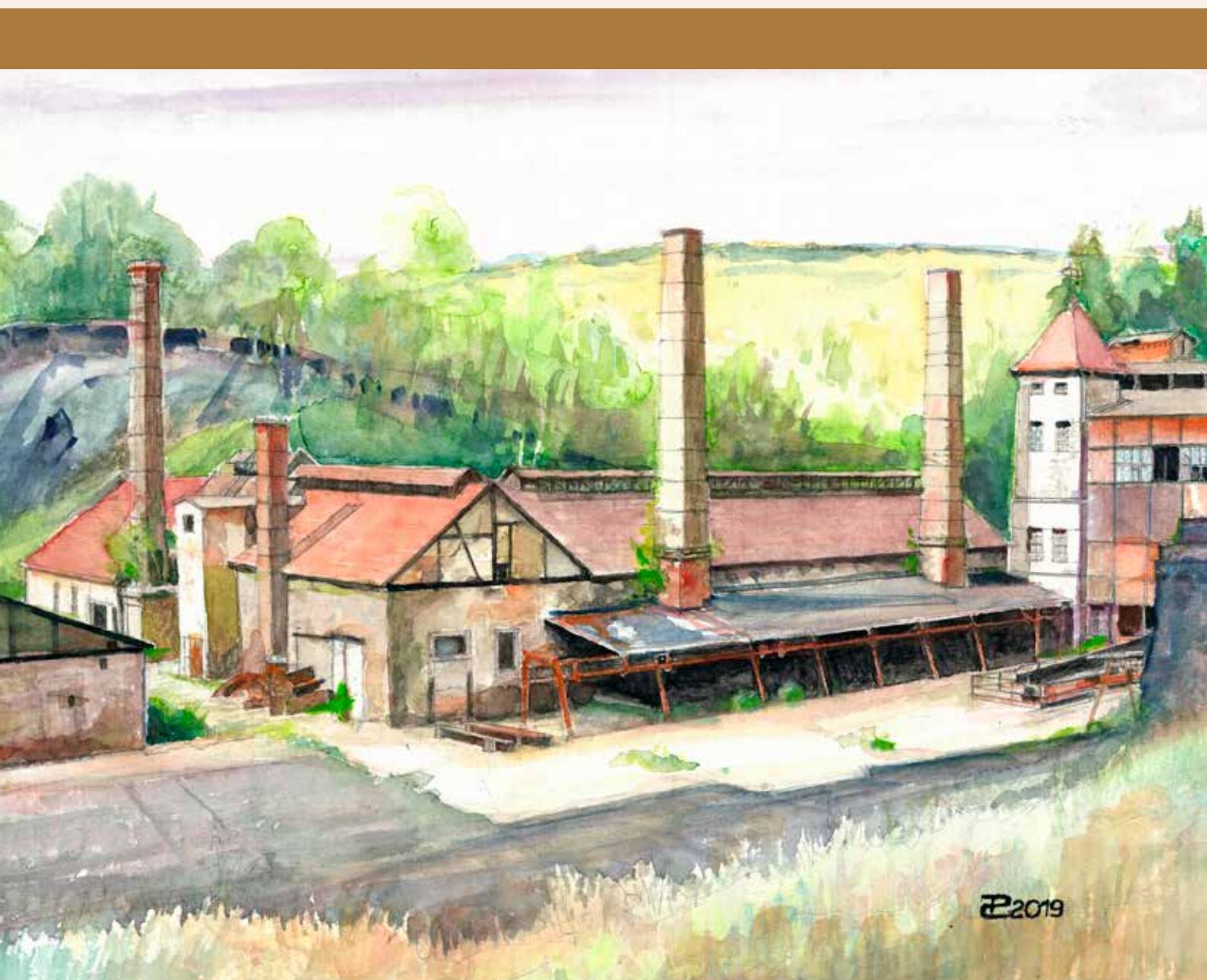
Prof. Dr. Dr. h. c. Heitfeld, Karl-Heinrich, Bad Neuenahr-Ahrweiler

**Herzliche  
 Glückwünsche  
 und Glückauf  
 allen Jubilaren!**

## Autorenverzeichnis

- Titus Abend, TU Bergakademie Freiberg, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
- Séan M.P. Adam, TU Bergakademie Freiberg
- Helmuth Albrecht, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Alina Albrecht
- Fengbo An, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Gert Anders, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Christos G. Aneziris, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Charlotte Ashworth-Güth, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Katrin Bauer, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Carmen Bellmann, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Evelyn Bennewitz, Dipl.-Geoinf., TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Benz, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Berkner, Prof. Dr., Dachverein Mitteldeutsche Straße der Braunkohle e. V.
- Swanhild Bernstein, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Jan Beyer, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Ludwig W. Blenau, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Erik Börner, Dipl.-Ing. (BA), TU Bergakademie Freiberg
- Constance Bornkampf, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Helen Böttcher, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Bräuer, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Christoph Breitkreuz, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Horst Brezinski, Prof. Dr., VFF
- Alexandros Charitos, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Peter Czolbe, Dr., Freiberg
- Marcus Dietrich, TU Bergakademie Freiberg
- Hansjörg Dittus, Prof. Dr., Universität Bremen
- Leonore Dobrovsky, TU Bergakademie Freiberg
- Kay Dornich, Freiberg Instruments GmbH
- Carsten Drebendstedt, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Otto Dreier, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Kroke Edwin, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Daniel Eger Passos
- Hermann Ehrlich, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Peter Eitz, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Christian Ernst, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Sedigheh Falahi, TU Bergakademie Freiberg
- Tobias Fieback, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Gero Frisch, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Margret Fuchs, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
- Sindy Fuhrmann, Jprof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Michael Gäbelein, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Patrick Gehre, Dr.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Hripsime Gevorgyan, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Richard Gloaguen, Dr., Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
- Sarah Goesch, TU Bergakademie Freiberg
- Katja Götsche, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Madlen Grau, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Jens Grigoleit, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Karl-Julius Haas, TU Bergakademie Freiberg
- Robert Hardege, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Mathias Hartwich, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Roland Haseneder, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Peter Hauschild, Dipl.-Ind. Arch., Dresden
- Kathrin Häußler, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Sabrina Hedrich, Jprof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Michael Heidan, Dipl.-Ing. (FH), ReViSalt GbR
- Gerhard Heide, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Martin Heinrich, Dr.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Sofie Heinrich
- Johannes Heitmann, Prof. Dr., TU Bergakademie FG
- Marcus Herbig, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Pedro Herrera Lormendez, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Karl-Heinz Heyne, Prof. Dr., Leipzig
- Ralf Hielscher, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Marika Hoffmann, TU Bergakademie Freiberg
- Michael Hohf, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Horsch, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Jana Hubalkova, Dr.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Alaa Jaafer, TU Bergakademie Freiberg
- Gottfried Jäckel, Prof. Dr., Freiberg
- Conrad Jackisch, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Tobias Jarosch, TU Bergakademie Freiberg
- Lisa Jarosch
- Anne-Kristin Jentsch, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
- Yvonne Joseph, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Bernhard Jung, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Manuela Junghans, Dipl.-Geol., TU Bergakademie Freiberg
- Susanne Kandler, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Mandeep Kaur, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Johann Kirchner, Dr., Leipzig
- Uwe Kirscher
- Miriam Klein, Karlsruher Institut für Technologie
- Karl Klemm, TU Bergakademie Freiberg
- Volker Köckritz, Prof. Dr., Freiberg
- Jens Kortus, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Wolfgang Kramer, Dr., Berlin
- Thilo Kreschel, Dr.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Hans-Jürgen Kretzschmar, Prof. Dr., VFF
- Jens Kugler, Dipl.-Geol.(FH), TU Bergakademie Freiberg
- Angela Kugler-Kießling, Dipl.-Bibl.(FH), TU Bergakademie Freiberg
- Tina Kühne, TU Bergakademie Freiberg
- Lisa Kühnel, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Christian Kupsch, Jprof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Ingrid Lange, TU Bergakademie Freiberg
- Maximilian Lau, Jprof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Leineweber, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Alexander Leischnig, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Theresa Lemser, Ass.jur., TU Bergakademie Freiberg
- Jochen Lessau, Dipl.-Sportl., TU Bergakademie Freiberg
- Gero Licht, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Holger Lieberwirth, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Sandra Lorenz, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
- Andreas Massanek, Dipl.-Min., TU Bergakademie Freiberg
- Nikolaos Mastrantonas, TU Bergakademie Freiberg
- Jörg Matschullat, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Guido Meinhold, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Kir Meliksetian
- Volker Mende, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Dirk Meyer, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Leif Micke, TU Bergakademie Freiberg
- Angelina Naa Amlah Böhnisch, Dr.
- Stefanie Nagel, TU Bergakademie Freiberg
- Knut Neumann, Freiberg
- Sebastian Neumann, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Werner Pälchen, Dr., Halsbrücke
- Iaroslav Petrenko, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Norman Pohl, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Sebastian Pose, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Ulrich Prahl, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Parvaneh Rahimi, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Rehkopf, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Thomas Reiter, Dr.
- Alexander Repstock, TU Bergakademie Freiberg
- Frank Reuter, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Andreas Richter, Prof., TU Bergakademie Freiberg
- Eberhard Richter
- Andrea Riedel, TU Bergakademie Freiberg
- Philipp Röder, Dipl.-Kfm.(FH), TU Bergakademie Freiberg
- Christian Röder, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Eric Röder, TU Bergakademie Freiberg
- Silvia Rogler, Univ.-Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Götz P. Rosetz, Dipl.-Min., Freiberg
- Sebastian Rossow, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Jakob Sablowski, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Anita Sanchez, TU Bergakademie Freiberg
- Louis Schaarschmidt, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Juliane Schaffer
- Johannes Scherer, Dipl.-Ing., TU Bergakademie Freiberg
- Traugott Scheytt, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Ingo Schiermeyer, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Oliver Schindler, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Thomas Schmalz, Dipl.-Ing., Studentenwerk Freiberg
- Jessica Schneider, TU Bergakademie Freiberg
- Nadine Schüler, Freiberg Instruments GmbH
- Frank Schultmann, Karlsruher Institut für Technologie
- Bernhard Schulz, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Lea Schulze
- Thomas Schumann, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Sebastian Schwarz, Dipl.-Math., TU Bergakademie Freiberg
- Rüdiger Schwarze, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Birgit Seidel-Bachmann, Dipl.-Slaw., TU Bergakademie Freiberg
- Thomas Seifert, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Christina Seifert, TU Bergakademie Freiberg
- Pascal Semper, M. Sc.
- Iuliia Sishchuk, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Martin Sonntag, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Karina Sopp, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Heinz-Joachim Spies, Prof. Dr., Freiberg
- Björn Sprungk, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Jutta Stumpf-Wollersheim, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Ulrich Thiel, Dr., Bobritzsch-Hilbersdorf
- Hannes Thiergärtner, Prof. Dr., Freie Universität Berlin
- Andre Uhlmann, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Madlen Ullmann, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Georg Unland, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Johannes Vater, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Bernd Voland, Prof. Dr., Jena
- Roland Volkmer, Dipl.-Archiv. (FH), Freiberg
- Olena Volkova, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Justus Wählting, M. Sc., TU Bergakademie Freiberg
- Theresa Wand, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Marcus Waurick, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Rebecca Wehrle, Karlsruher Institut für Technologie
- Anja Weigl, M. A., TU Bergakademie Freiberg
- Ellen Weißmantel, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Saskia Wesołowski, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Marcus Wiens, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Alex Wilhelm
- Dieter Wolf, Prof. Dr., Berlin
- Thomas Wotte, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Annett Wulkow Moreira da Silva, M. A., TU Bergakademie Freiberg
- Nazia Zaffar
- Willem Zank, Master, TU Bergakademie Freiberg
- Mashaalah Zarejousheghani, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Henning Zeidler, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Thomas Zinke, Dr., TU Bergakademie Freiberg
- Sebastian Zug, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg

*Mit diesem Aquarell unseres Mitglieds Dr. Peter Czolbe  
wünschen wir allen Vereinsmitgliedern,  
Leserinnen und Lesern unserer ACAMONTA*



Peter Czolbe: Historisches Hüttengebäude von Muldenhütten, Aquarell, 2019

***eine besinnliche Weihnachtszeit  
und ein gesundes neues Jahr 2023!***