



ACAMONTA



Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg

23. Jahrgang 2016

Editorial

Mit der Festveranstaltung zum 250. Jahrestag des Vorlesungsbeginns in Freiberg endete am 3. Mai 2016 die von zahlreichen wissenschaftlichen und kulturellen Höhepunkten geprägte Reihe der Jubiläumsfeierlichkeiten an unserer Universität. Sie legten Zeugnis ab vom hohen Niveau der Innovationsfähigkeit der Wissenschaftler/innen an einer der zwar kleinsten, aber am klarsten profilierten deutschen Universitäten, die sich einer weltweiten, hohen Reputation als Forschungs- und Lehrstätte erfreut. Ihre Mitglieder können mit Stolz und Optimismus die Entwicklung der TU Bergakademie auch in der Zukunft angehen. Die zahlreichen Veranstaltungen wie auch die anlässlich des Jubiläums erschienenen Sonder-Publikationen dokumentieren die respektable Leistungsbilanz, die sich aus der für Freiberg typischen Präferenz für zukunftssträchtige Forschungsthemen und Ideen ergibt. Sie zeigen die vielfältigen Facetten unserer Universität in Forschung und Lehre zum hochaktuellen Thema der Ressourcen – angefangen von geologischen Problemstellungen bis hin zu Wirtschaftlichkeitsberechnungen über die anzustrebende, möglichst verlustarme Kreislaufführung der jeweiligen Nutzkomponente(n). Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht verband seinen Dank an alle Helfer und Sponsoren für ihr beeindruckendes Engagement zu Ehren unserer TU mit dem Aufruf, den aus den Jubiläumsaktivitäten erwachsenen Antrieb für Forschung und Lehre auch weiterhin in nachhaltig herausragende Leistungen umzusetzen.

Unsere Leser dürfen sich vor diesem Hintergrund ein weiteres Mal auf spannende Einblicke in interdisziplinär und häufig auch international verflochtene Initiativen und Forschungsaktivitäten freuen. Einen großen, wachsenden Anteil an den erzielten Erfolgen haben die in zahlreichen Bereichen unserer Universität tätigen Wissenschaftlerinnen, wobei ihre Präsenz in Führungsfunktionen allerdings nur allmählich zunimmt. In genau diesem Zusammenhang ist es ein besonderes Anliegen dieses Heftes, die imponierenden Leistungen unserer Professorinnen einer breiteren Öffentlichkeit vorzustellen und die ihnen gebührende Wertschätzung anzumahnen. Die aktuellen hochschulpolitischen Anstrengungen/Maßnahmen, die dazu dienen, an den Universitäten eine für Frauen deutlich besser strukturierte Arbeitswelt zu schaffen, d. h. über die Nutzung

der vom Gesetzgeber eingeräumten Gestaltungsspielräume die Rahmenbedingungen für Frauen im Bereich der Wissenschaft zu optimieren, werden in den hier abgedruckten Beiträgen von Staatsministerin Dr. Eva-Maria Stange und der Bundestagsabgeordneten Dr. Simone Ratz dargelegt. Beiden Autorinnen gilt dafür unser herzlicher Dank. Belege dafür, wie sich namentlich Frauen durch ihr Handeln und Wirken – auch im speziellen Ressourcenprofil an der Bergakademie – erfolgreich akademischen Respekt erwerben, dokumentieren die Beiträge von zehn Professorinnen (Bernstein, Enke, Grosse, Joseph, Kertzscher, Mazik, Rogler, Scharf, Tichomirowa, Volkova) und dreier ambitionierter wissenschaftlicher Mitarbeiterinnen (Bauer, Schopf, Dommaschk). Unsere Universität hat eine Reihe von Maßnahmen dafür getroffen, dass immer mehr Frauen ihre berufliche Zukunft in der akademischen Welt bzw. in verantwortlichen Leitungsfunktionen – auch in Betrieben – anstreben. Die zunehmende Unterstützung der Karriereentwicklung von Frauen durch Institutionen an unserer Alma mater spiegelt sich in den beiden Beiträgen der GraFa (Wopat, Weller) wider.

Auch die weiteren Beiträge in der Rubrik „Forschung an der TU Bergakademie“ vermitteln interessante Einblicke in aktuelle und zukünftige Forschungsvorhaben – Zeichen für die von unserer Universität ausgehenden Impulse für den technologischen Fortschritt auf den Feldern Aufbereitung (Lieberwirth, Peuker), Mikro- und Optoelektronik (Heitmann), Automation im Bergbau (Mischo), Energieträger Biogas (Kureti). Die auf diesen Gebieten erzielten Ergebnisse belegen auch die immer intensiver und bedeutsamer werdende Stimulation der Entwicklung von neuen Materialien und Verfahren durch den rasanten technologischen Progress in der IT-Welt. Den daraus resultierenden stark wachsenden Herausforderungen an einen modernen IT-Dienstleister, die Ziele von Forschung und Lehre hochqualitativ und nachhaltig zu unterstützen, stellt sich unser Universitätsrechenzentrum mit großem Engagement (Kluge et al.).

Weltoffenheit, starke internationale Ausstrahlung und nicht zuletzt Familienfreundlichkeit – das sind Markenzeichen unserer Universität, die hier Forschung und Lehre prägen. Das Redaktionskollegium dankt allen Autoren, die mit ihren Beiträgen das Anliegen dieses ACAMONTA-Bandes unterstützt haben.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Roewer

Redaktionsleiter

Geleitwort des Rektors (K.-D. Barbknecht).....4

Ressourcenuniversität TU Bergakademie Freiberg

Einführung von E.-M. Stange.....5

Nur mit mehr Frauen in der Wissenschaft wird es zukünftig funktionieren (S. Raatz).....6

Forschung an der TU Bergakademie Freiberg

Entwicklung von supramolekularen Systemen (M. Mazik)8

Wie Computer denken und Mikroskope sehen – Mathematische Methoden der Bildbearbeitung (S. Bernstein).....13

Neuregelung der Leasingbilanzierung – eine Herausforderung für die Unternehmen (S. Rogler)20

Chemische Sensoren für die Industrie 4.0 (F. Güth, P. Arki, Y. Joseph).....23

Fingerabdrücke und versteinerte Uhren – Isotope als Detektive in der Forschung (M. Tichomirowa)25

Mit dem Gewicht einzelner Moleküle an die Bergakademie (T. Fieback).....59

Automation im untertägigen Bergbau (D. Horner, J. Weyer, H. Mischo)62

Konsumenten-Kreditinformationssysteme – Ergebnisse einer Umfrage (C. Morscher, A. Horsch, M. Fehlhaber).....65

Neue Drittmittelprojekte am Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (H. Albrecht)68

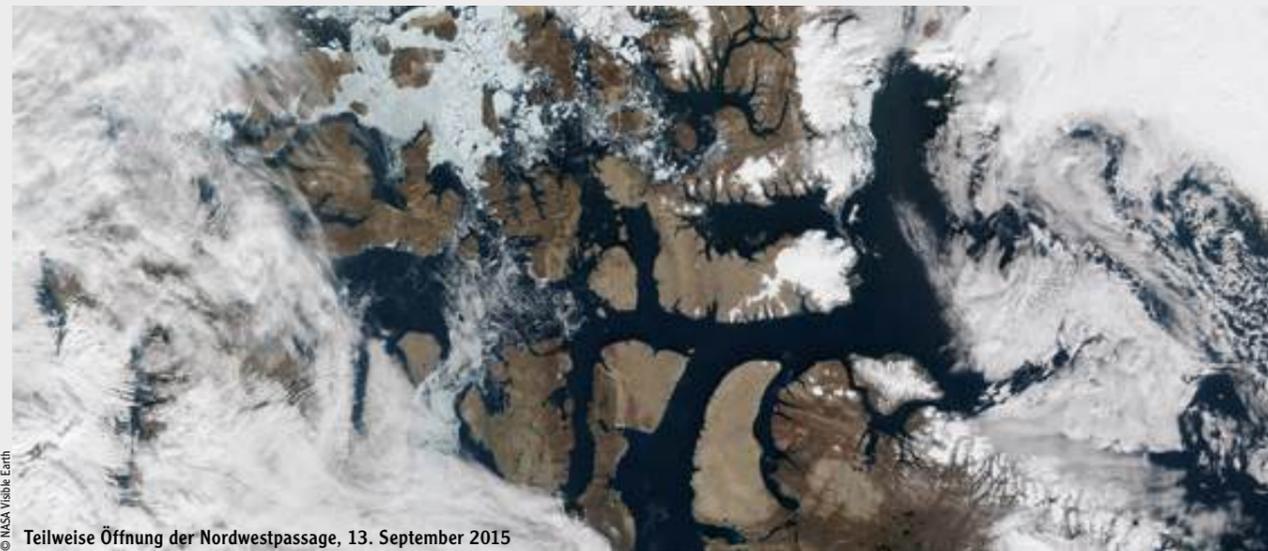
Universität aktuell

Entscheidungen, Initiativen, Projekte – Auszug aus dem Rektoratsbericht der TU Bergakademie Freiberg 201573

Das Universitätsrechenzentrum (A. Kluge, O. Rheinbach, A. Winterstein, R. Krönert)75

Das Ende der Gutenberg-Galaxis – der Weg zur digitalen Bibliothek? (S. Kandler, A. Kugler-Kießling)80

Feierliche Eröffnung des EIT RawMaterials – Regional Center Freiberg82



Kritische Rohstoffe aus zweiter Hand (C. Scharf).....27

Erste Professorin am Institut für Eisen- und Stahltechnologie (O. Volkova)29

Das Institut für Elektrotechnik – gestern und heute (J. Kertzsch)30

Eine Analyse der Bachelor- und Masterreform – die Ziele und ihre Umsetzung (D. Grosse)34

Marketing in Freiberg – 20 Jahre lebendiges Wissen (M. Enke)35

Mechanismen der Grafitausscheidungen in Fe-C-Si-Legierungen (C. Dommaschk, G. Wolf, B. Aurich).....37

Biofilmbildung des Laugungsbakteriums *Acidibacillus ferrooxidans* auf sulfidischen Mineralen (S. Schopf)39

Vom Backenbrecher zur biomedizinischen Strömungsmechanik (K. Bauer)41

Paradigmenwechsel in der Mikro- und Optoelektronik – Nanostrukturen und neue Materialien (J. Heitmann et al.)43

Aufbereitungsmaschinen für eine nachhaltige Rohstoffversorgung (H. Lieberwirth)47

Entfernung von Sauerstoff aus Biogas zur Sicherung der Erdgasinfrastruktur (S. Kureti et al.)49

Rückenwind aus der Verfahrenstechnik für die Aufbereitungstechnik (T. Mütze, U. A. Peuker).....55

Die Arktis im Fokus: Internationale Konferenz 2016.....82

Freiberg erhält Chile-Haus – Stifterin Dr. Erika Krüger engagiert sich für internationales Studentenhaus (B. Seidel-Bachmann)83

Erfolgsteam „Junge Frauen an die Spitze“ geht ins fünfte Jahr (K. Wopat)84

Familienfreundliche Hochschule – Anspruch und Realität (K. Wopat, C. Weller)86

Eine Langzeitperspektive für eine erfolgreiche europäische Integration (R. Srtivastava, S. Tajik, J. Sanders, M. Gillo)87

Neues aus dem Internationalen Universitätszentrum (I. Lange, M. Junghans, T. Mayer)90

Supranationale und nationale Institutionen der Regulierung von Finanzintermediären (L. Sysoyeva, A. Horsch)95

Exzellente Bedingungen für die Rohstoffforschung in Freiberg (A. Weigl).....98

Gelungene Symbiose: Nickelhütte Aue GmbH und TU Bergakademie Freiberg (B. Hoffmann, M. Neumann) 101

„Ein Glücksfall, bei MIBRAG meine Diplomarbeit schreiben zu können“ (H. Lachmann)105

95 Jahre Zusammenarbeit zwischen der Bergakademie Freiberg und der Firma Labor-Pilz (T. Pilz) 108

60 Jahre Studiengang Chemie, 20 Jahre Studiengang Angewandte Naturwissenschaft, fünf Jahre Masterstudiengang Photovoltaik und Halbleitertechnik (K. Bohmhammel)..... 110

Hundert Jahre Abraham-Gottlob-Werner-Bau (G. P. Rosetz, G. Heide) 111

Aus dem Vereinsleben

Aus dem Protokoll der Jahresmitgliederversammlung 2015 (H.-J. Kretzschmar) 117

Von Vietnam bis Mosambik – das Freiburger Alumni Netzwerk lokal und global (S. Preißler, C. Bornkamp) 120

Bernhard-von-Cotta-Preis 2015: Technical and Economical Well & Completion Design Analysis for the Re-Development Rühlermoor (R. Merkelbach)..... 121

Die neogene Foraminiferen-Mikrofauna am Capo San Marco (Sinis Halbinsel, Sardinien) (A. Förster)..... 124

Sphingopyxis fribergensis – ein Bakterium mit biotechnologischem Potenzial (M. Oelschlägel) 125



Experimentelle und numerische Untersuchungen zu Phasenumwandlungen in Silizium unter Kontaktbeanspruchung (M. Budnitzki).....128

Fachexkursion der Studenten des Instituts für Bohrtechnik und Fluidbergbau Freiberg in die Niederlande und nach Schottland (R. Morgenstern, L. Ochmann)130

Mit dem Motorrad auf den Spuren der Bergakademie in Südamerika (M. Seifert, F. Hanzsch).....132

Arctic Floating University 2016 (J. Wolfram)134

GEM Summer School 2016 (M. Breising, V. Gonzalez)135

Ausbildung zum Wissenschaftlichen Taucher in Ägypten (F. Gebhard).....136

Ordoviziumforschung im Tal des Mondes (T. Meischner)137

Bergwerk am Schneeberg als akademisches Lehrbergwerk138

International Conference on Business Informatics (M. Pospiech) 139

Eine Lustreise des Landesherrn139

Historie

Chronik 2017 (R. Volkmer) 140

100 Jahre Institut für Metallografie/Metallkunde/ Werkstoffwissenschaft & 75 Jahre Fachrichtung Metallkunde/Werkstoffwissenschaft (A. Leineweber)..... 141

Regierungsbaumeister Dr.-Ing. habil. Alfred Scheidig – Ein Leben für die Baugrundforschung (K. Scheidig)..... 142

Wichtige Akte zur Gründungsgeschichte der Bergakademie zurückerhalten (H. E. Kaden) 144

Franz Hermann Böhme (H. E. Kaden) 145

Modellgeschichten Teil 3: Das Modell des D-Schachtes Niederwürschnitz (F. Jentsch) 146

Otto Brunck zum 150. Geburtstag (G. Grabow) 147

Reinhold Freiherr von Walther zum 150. Geburtstag (G. Grabow) 147

Arno Hermann Müller zum 100. Geburtstag (J. W. Schneider)..... 148

Wolfgang Küntscher zum 50. Todestag (H.-J. Spies, W. Krüger)..... 149

Otto Meißer zum 50. Todestag (W. Göthe)..... 150

Personalia

Fakultäten mit neuen Dekanen.....152

Neue Professorin(en) berufen.....152

Geburtstage unserer Vereinsmitglieder153

Zum 80. Geburtstag von Prof. Ernst Schlegel (H. Seifert).....156

Zum 90. Geburtstag von Prof. Heinrich Schubert (K. Graichen, G. Schubert).....157

Zum 80. Geburtstag von Prof. Wolfgang Schulle (J. Ulbricht).....158

Prof. Dr. Richard Steinmetz verstorben (R. Vulpius, M. Walde) .160

Professor Dr. Herbert Artur Schneider verstorben (J. Monecke) .160

Prof. Dr. Detlef Hebert verstorben (R. Otto)161

Wir trauern um unsere Vereinsmitglieder 161

Neuerscheinungen

Bertram Triebel: Die Partei und die Hochschule162

Rainer Vulpius: Die Braunkohlenlagerstätten Deutschlands163

Die Geotechnik in Freiberg.....164

Auf der Erde leben164

Helmuth Albrecht: Die Bergakademie Freiberg165

Sabine Ebert: „1813 – Kriegsfeuer“ und „1815 – Blutfrieden“ ...166

Autorenverzeichnis und Impressum168

Sonderbeilage: Friedrich Naumann: M. V. Lomonosovs Beitrag zur Herausbildung der geologischen Wissenschaften in Russland



Liebe Leserinnen und Leser,

unsere Universität stellt sich den Anforderungen an Wissenschaft und Gesellschaft des 21. Jahrhunderts und trägt zur Gestaltung der Zukunft bei.

Nachdem in der 2015 erschienenen ACAMONTA die Forschungsleistung an unserer Hochschule in ihrer Breite und Interdisziplinarität thematisiert wurde, gibt das vorliegende Heft den Blick auf unsere Universität aus der Sicht unserer Wissenschaftlerinnen wieder. Deren Zahl ist in den letzten Jahren stetig gestiegen – auch dank einer frauen- und familienorientierten Hochschulpolitik, die es fortzuführen gilt. So vermitteln im Jahr 2016 an unserer Hochschule elf ordentliche und zwei außerplanmäßige Professorinnen Lehr- und Forschungsinhalte.

Die vorliegende ACAMONTA reißt zudem in verschiedenen Beiträgen Fragen und Themen an, mit denen sich unsere Wissenschaftler in Gegenwart und Zukunft intensiv beschäftigen werden. So zählt der Ausbau des Forschungs- und Lehrbergwerks „Reiche Zeche“ zu einem modernen interdisziplinären Forschungs- und Lehrlabor für nationale und internationale Wissenschaftler zu den wichtigen Aufgaben. In Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum für Ressourcentechnologie (HIF) soll damit die Grundlage für eine Forschungsinfrastruktur geschaffen werden, die für das EIT (European Institute of Innovation and Technology) Raw Materials mit seinem Regional Center Freiberg von außerordentlicher Bedeutung sein wird.

Besonderes Augenmerk wird die TU Bergakademie Freiberg auch zukünftig auf die Förderung von Projekten im Bereich der Spitzenforschung legen. Genannt werden sollen als Beispiele die beiden Sonderforschungsbereiche 799 (TRIP-Matrix-Composite) und 920 (Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration) in den Material- und Werkstoffwissenschaften und das Zentrum für Innovationskompetenz Virtuhcon (Virtuelle Hochtemperatur-Konversionsprozesse), deren erfolgreiche Fortführung ein besonderes Anliegen der Universitätsleitung ist. Auch neue Projekte werden diskutiert, dazu zählt eine Beteiligung an der Exzellenzinitiative und der BMBF-Ausschreibung „Innovative Hochschule“.

Kennzeichen von Forschung und Lehre an der TU Bergakademie Freiberg ist ihre internationale Ausrichtung. Ein neues Angebot seit dem Wintersemester 2016/17, das sehr gut von unseren internationalen Partnern angenommen wurde, ist das virtuelle Kontaktstudium. Internationale Studieninteressenten können sich hierbei in Studiengänge einschreiben und online und von ihrem derzeitigen Wohnort aus, auf ein Studium in Freiberg vorbereiten und verschiedene Kurse belegen.

Zur Unterstützung von Forschung und Lehre herrscht an der TU Bergakademie eine rege Bautätigkeit. Derzeitig zu realisierende Baumaßnahmen umfassen die Erweiterung des Schloßplatzquartiers um ein Hörsaalgebäude sowie den Bau einer neuen Bibliothek mit Hörsaalzentrum in der Nähe des derzeitigen Bibliotheksstandorts. Für das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung wird ein Forschungsbau gemäß Art 91b GG errichtet.

250 Jahre Bergakademie Freiberg – dieses in den Jahren 2015 und 2016 begangene Jubiläum hat uns Gelegenheit gegeben, die Errungenschaften und Ereignisse der letzten 250 Jahre darzustellen und uns ausführlich mit der Geschichte unserer Alma mater zu beschäftigen. Gleichzeitig war das Jubiläum Anlass, die Bergakademie in ihrer heutigen Form zu präsentieren und unsere Ausstrahlung und Anziehungskraft in der nationalen und internationalen Hochschullandschaft zu zeigen. Eine besondere Würdigung erfuhr unsere Universität durch die Teilnahme prominenter Vertreter aus Politik, Kultur, Wirtschaft und Wissenschaft aus dem In- und Ausland an den Jubiläumsfeierlichkeiten, zu denen Bundespräsident Gauck, Sachsens Ministerpräsident Tillich, die sächsischen Staatsminister Frau Dr. Stange, Herr Professor Unland und Herr Dulig sowie Rektoren von uns partnerschaftlich verbundenen Hochschulen sowie Alumni weltweit zählten.

Die Veranstaltungen im Jubiläumsjahr wurden von einer Vielzahl von Mitarbeitern der TU Bergakademie Freiberg organisiert und begleitet. Ich danke an dieser Stelle allen Mitgliedern und Mitarbeitern unserer Universität für ihr außerordentliches Engagement und ihre Einsatzbereitschaft. Ebenso danke ich allen Stiftern und Sponsoren, die das Jubiläum mit kleineren und größeren Beträgen wirkungsvoll unterstützt haben. Mit Recht können wir stolz auf unsere Hochschule sein – das Interesse und die Unterstützung während des Jubiläumsjahrs haben das eindrucksvoll gezeigt.

Liebe Leserinnen und Leser, Forschung und Lehre an der TU Bergakademie Freiberg unterliegen einem stetigen Wandel. Ich würde mich freuen, wenn die Berichte über laufende und zukünftige Projekte Ihr Interesse wecken und wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre der diesjährigen ACAMONTA!

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



Foto: Martin Förster / copyright: SMWK

Staatsministerin Dr. Eva-Maria Stange

Liebe Leserinnen und Leser,

im letzten November beging die Technische Universität Bergakademie Freiberg ihren 250. Geburtstag. Sie blickt damit auf eine lange Tradition der Lehre und Forschung zurück, die jedoch – und damit unterscheidet sie sich kaum von anderen Hochschulen – die meiste Zeit über ausschließlich männlich geprägt und dominiert war.

Ein Blick in die lange Wissenschaftsgeschichte zeigt, dass die Erforschung der Natur und die Begründung fortschrittlichen Wissens über Jahrtausende hinweg eine fast ausschließlich männliche Domäne war. Zwar gibt es historische Belege seit der Antike für die Existenz und Brillanz von Wissenschaftlerinnen, Denkerinnen und Forscherinnen, aber insgesamt betrachtet ist deren Beitrag und Zahl eher marginal. Je nach Region, Zeitepoche und gesellschaftlichem System ist es immer wieder Frauen gelungen, herausragende Leistungen zu erbringen und Entdeckungen v. a. auf den Gebieten der Mathematik, der Alchemie und Chemie, der Medizin, der Physik und der Astronomie sowie der Philosophie und der Logik zu machen. Aber sie blieben Ausnahmeerscheinungen, die sich ihre Bildung und ihren Erfolg durch Hartnäckigkeit, Gelehrsamkeit, v. a. aber durch ein für sie positives Umfeld, also in der Regel einen hochgebildeten Vater oder Bruder, erarbeiten hatten.

Das größte Hindernis, das Frauen zu überwinden hatten, war überhaupt Zugang zu Bildung zu erlangen. Jahrhundertlang war der Zugang zu Wissen und Bildung streng reglementiert und stand nur bestimmten Bevölkerungsschichten und daraus vornehmlich Männern offen. Nicht nur die institutionelle Wissenschaft blieb bis weit ins 19. Jahrhundert ein Privileg der aristokratischen oder wohlhabenden männlichen Bevölkerung, auch andere Wissenszentren und Strukturen blieben Frauen weitestgehend verschlossen. Unter diesen Bedingungen blieb den Frauen entweder nur ein fortschrittliches Elternhaus, das auch Mädchen und Frauen am Unterricht teilnehmen ließ oder das Selbststudium. Aber auch diese Chancen boten sich überhaupt nur Frauen, die selbst aus höheren Bevölkerungsschichten kamen. Erst im 19. Jahrhundert wurden die strukturellen Beschränkungen nach und nach abgebaut oder ganz beseitigt, um die Teilhabe von Frauen am politischen und wissenschaftlichen Leben zuzulassen. Dies ging einher mit der Entstehung eines modernen Bildungsverständnisses und progressiveren

Universitäten, die allen Menschen den Zugang zu Bildung und Wissenschaft unabhängig von ihrer Herkunft – zumindest theoretisch – ermöglichten.

Seit dieser Zeit hat sich viel für Frauen, deren Drang nach Wissen und deren Bestreben nach Gleichstellung und Anerkennung getan. Die Analyse unserer heutigen Situation zeigt jedoch, dass der Zugang zur Bildung eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für die aktive Teilhabe von Frauen an Wissenschaft und Forschung ist. So ist weltweit zu beobachten, dass deutlich mehr Frauen als Männer ihre wissenschaftlichen Karrieren verlassen, der Anteil der Frauen von Qualifikationsebene zu Qualifikationsebene stetig abnimmt. Schließen noch relativ gleichviele Männer und Frauen ein Studium ab, so ist der Anteil von Frauen bei Promotionen bereits deutlich abgesenkt. Die Schere öffnet sich immer weiter, wenn man die akademische Hierarchie Stufe für Stufe betrachtet, also die Anteile von Frauen bei den wissenschaftlichen Mitarbeitern, den Habilitationen, den Professuren und schließlich den höchsten Professorenämtern. Für diese Tatsache, die in der Fachwelt als „Leaky Pipeline“ bezeichnet wird, gibt es verschiedene Erklärungsansätze, die wiederum deutlich machen, dass weiterhin ein großer Handlungsbedarf besteht, will man die herausragenden Fähigkeiten und Qualifikationen der Frauen für den Hochschul-, Wissenschafts- und Forschungsbetrieb erhalten.

Der schöne Spruch „Frauen sind anders – Männer auch!“ bringt zum Ausdruck, dass sich Lebenswelten, Prioritäten und Vorstellungen vom glücklichen, zufriedenen Leben bei aller Differenziertheit deutlich unterscheiden. Dies gilt es richtig zu verstehen, damit gleichstellungspolitische Ziele künftig wirksamer erreicht werden können.

Viele Frauen wollen Kinder und Beruf/Karriere. Zunehmend stellen aber auch Männer diese Forderung, nehmen Elternzeit oder arbeiten Teilzeit. Doch der Begriff der „Rabenmutter“ ist vor allem im Westen Deutschlands noch stark im gesellschaftlichen Bewusstsein verankert. Immer noch wirken die jahrhundertealten Geschlechterhierarchien in Gremien und Netzwerken. Auch wenn die Sensibilität dafür gewachsen ist, so ist die Dominanz von männlichen Führungskräften nur schrittweise zu durchbrechen. Die Forderung – auch in Wissenschaftssystem – nach maximaler Arbeitszeitflexibilität, ständiger Verfügbarkeit, weltweiter Mobilität bei gleichzeitig unsicheren Arbeitsverhältnissen widerspricht vor allem den Lebensvorstellungen von Frauen. Sie steigen daher oft (zu früh) aus. Ziel muss es deshalb sein, eine für Frauen positiv strukturierte Arbeitswelt zu schaffen, ohne dass Frauen wie Männer agieren oder ihre Lebensentwürfe denen von Männern anpassen müssen.

Das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst ist sich dieser Tatsache durchaus bewusst und nutzt seine politischen Gestaltungsspielräume, um die Rahmenbedingungen für Frauen im Bereich der Wissenschaft (was Hochschule und Forschung einschließt) zu verbessern. So sind zum einen die Hochschulen verpflichtet worden, der „Leaky Pipeline“ durch geeignete Maßnahmen entgegenzuwirken und Frauen durch entsprechende Unterstützungsmaßnahmen, aber auch Besetzungsvorgaben, in der akademischen Welt zu halten. Derzeit wird mit den Hochschulen und Interessenverbänden zudem ein Rahmenkodex erarbeitet, der die in Deutschland übliche Praxis der befristeten Beschäftigungen im akademischen Mittelbau aufbrechen und somit planbare Karriereziele in überschaubaren Zeiträumen häufiger ermöglichen soll. Auch die besondere

Förderung von Frauen sowie die Vereinbarkeit von Familie und Beruf werden politisch und finanziell unterstützt, damit die Weiterentwicklung und Vernetzung von Frauen im Wissenschaftsbereich gefördert und vorangebracht wird.

Insgesamt wurde in den vergangenen Jahrzehnten sehr viel erreicht, um Frauen den Weg, v. a. aber den Verbleib in der Wissenschaft zu ermöglichen und dort Karriere zu machen. Dabei sind jedoch noch längst nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft und sämtliche Hürden in den Köpfen, aber auch den Strukturen, überwunden. Gemeinsam müssen wir daran arbeiten, dass die Vereinbarkeit von Familie und Beruf, die Berufung in Ämter und Positionen, aber auch die Würdigung akademischer Leistungen nicht eine vom Zufall des Geschlechts abhängige Frage ist oder bleibt. Die Auswahl der jeweiligen Leistungsindikatoren ist dabei ebenfalls eine gleichstellungsrelevante Frage, die Berücksichtigung finden muss. Ich bin zuversichtlich, dass es letztendlich gelingen wird, auch weil ich an vielen Hochschulen den Willen und die Bestrebungen erkennen kann, hier die notwendigen Veränderungen weiter voranzutreiben und die dazu erforderlichen Schritte einzuleiten. Dazu tragen auch die Maßnahmen der Forschungsgemeinschaften und die Bindung von Fördergeldern, z. B. der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) oder des BMBF, an das Vorhandensein von gleichstellungspolitischen Konzepten der Hochschulen bei.

Ein Blick in die Geschichte der Technischen Universität Bergakademie Freiberg zeigt, dass sich die Frauen hier ihren

akademischen Respekt dem Zeitgeist und dem gesellschaftlichen Fortschritt folgend erworben haben. Dies ist v. a. deshalb ein großer Erfolg, weil das spezielle Ressourcenprofil der Hochschule einen starken Bezug zu Wirtschaftszweigen aufweist, die per se weniger von Frauen frequentiert werden. Vergleicht man die Personalstruktur der Bergakademie mit der von Unternehmen im Ressourcen- und Rohstoffbereich, dann wird deutlich, wie fortschrittlich und offen für akademische Qualität, unabhängig vom Geschlecht, die Bergakademie heute ist.

Mit der diesjährigen Ausgabe von ACAMONTA leistet sie zudem einen wichtigen Beitrag zur Erfassung, Einordnung und Würdigung der historischen Leistungen von Frauen an der und für die Bergakademie. Diesen Frauen wird damit die Wertschätzung entgegen gebracht, die sie sich durch ihr Handeln und Wirken mehr als verdient haben. Gleichzeitig kann ein Ansporn für junge Frauen entstehen, in ihnen Vorbilder zu sehen, ihnen nachzueifern und ihre berufliche Zukunft in der akademischen Welt zu suchen und auch zu finden. Insofern ist die diesjährige Ausgabe von ACAMONTA nicht nur eine Aufarbeitung und Dokumentation der Arbeit und Leistungen von Frauen in Wissenschaft, Lehre und Forschung an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, sie ist eine Verbeugung vor diesen Frauen und weist in ihrer Bedeutsamkeit weit über die Hochschule hinaus.

Dr. Eva-Maria Stange

Nur mit mehr Frauen in der Wissenschaft wird es zukünftig funktionieren

Nach meinem Chemiestudium an der Martin-Luther-Universität in Halle konnte ich als externe Doktorandin an der TU Bergakademie Freiberg am Lehrstuhl für Aufbereitungstechnik promovieren und mich einige Jahre später auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik habilitieren. Als wissenschaftliche Mitarbeiterin habe ich somit über viele Jahre die Situation der Arbeitnehmer-, aber auch der Arbeitgeberseite vor Ort kennengelernt. Während dieser Zeit stellte ich fest, dass staatlich finanzierte Wissenschaft (insbesondere



Dr. Simone Raatz¹ (SPD) ist Alumna der TU Bergakademie Freiberg und setzt sich im Deutschen Bundestag für mehr Geschlechtergerechtigkeit in Wissenschaft und Forschung ein

damals genauso wie heute, sehr erschweren. Darüber hinaus fehlt es an interessanten Karriereperspektiven für unsere jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler neben der Professur.

Ich erlebe nun aber als mittelsächsische Bundestagsabgeordnete und zuständige Berichterstatterin der SPD-Bundestagsfraktion für die Themen „wissenschaftlicher Nachwuchs“ und „Wissenschaftszeitvertragsgesetz“ auch, wie schwer es ist, einen entsprechenden Bewusstseinswandel an unseren

Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen herbeizuführen. Die Mehrheit der Akteure in Wissenschaft und Politik sieht zwar, dass bei den Arbeitsverhältnissen in der Wissenschaft etwas aus dem Ruder gelaufen ist – trotzdem bleibt es eine Mammutaufgabe, Lösungsansätze zu finden, die allen Beteiligten und Belangen gerecht werden.

Wenn über 80 Prozent des wissenschaftlichen Personals befristet beschäftigt sind, dazu noch jeder zweite Vertrag eine

¹ Dr. Simone Raatz (SPD) ist für den Wahlkreis 161 (Mittelsachsen) Mitglied des Deutschen Bundestags und stv. Vorsitzende im Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestags. **Kontakt:** Dr. Simone Raatz, MdB, Platz der Republik 1, 11011 Berlin, Tel.: 030/227-72455, E-Mail: simone.raatz@bundestag.de

Laufzeit von unter einem Jahr hat, dann kann das so nicht bleiben. Und wenn der Anteil der Frauen, die promovieren, bei 44% liegt, es dann davon aber nur 18% auf eine Professur schaffen, dann wird deutlich, dass auch hier nachjustiert werden muss. Denn Innovation entsteht durch Kreativität – und diese wiederum bevorzugt in gemischten Teams aus Frauen und Männern.

Gleichzeitig wissen wir natürlich, dass Konkurrenz und Wettbewerb der Ideen und Ansätze konstitutive Bestandteile des Wissenschaftssystems sind. Dass wir dafür das erforderliche Maß an Flexibilität und Dynamik sicherstellen müssen und es deshalb weiter ein Sonderbefristungsrecht für die Wissenschaft braucht, ist die eine Seite der Medaille. Die andere ist eine gesunde Balance zwischen Sicherheit und Flexibilität. Eine solche Balance gibt es gegenwärtig noch nicht.

Die kurzzeitigen Verträge sowie fehlenden Karriereperspektiven in Deutschland schrecken insbesondere Frauen ab. Sie suchen ihr Glück mittlerweile in Frankreich, der Schweiz oder in den USA. Einige halten die mangelnden Karriereperspektiven und das Fehlen von Sicherheit sogar davon ab, überhaupt den Weg in die Wissenschaft zu finden. Von denen, die bei uns bleiben, entscheiden sich zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler – insbesondere motivierte und talentierte Frauen – wegen der prekären Beschäftigungsverhältnisse für einen Wechsel in die Wirtschaft. Dadurch geht viel kreatives Potenzial verloren, und das können wir uns zukünftig nicht mehr leisten. Damit wir auch weiterhin junge Menschen für die Wissenschaft begeistern können, müssen dringend die Rahmenbedingungen geändert werden. Eine dahingehende Maßnahme ist beispielsweise die seit April 2016 in Kraft getretene Novellierung des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes, mit der wir die Willkür und den Missbrauch bei den Vertragslaufzeiten eingedämmt haben. Darüber hinaus müssen natürlich weitere Maßnahmen auf den Weg gebracht werden.

Für planbarere Karrierewege braucht es Programme zur besseren Stellenausstattung an unseren Hochschulen. So werden wir 2017 ein Bund-Länder-Programm für den wissenschaftlichen Nachwuchs und den akademischen Mittelbau auf den Weg bringen. Für einen Zeitraum von zehn Jahren hat die Regierungskoalition dafür eine Milliarde Euro zur Verfügung gestellt – Geld, mit dem wir bundesweit zusätzlich etwa 1.000 Tenure-Track-Stellen finanzieren. Allein für Sachsen sind das etwa 50 Professoren-Stellen zusätzlich. Hier gehe ich davon aus, dass die Hälfte dieser Stellen mit Frauen besetzt wird. Darüber hinaus sind von Bundeseite weitere Maßnahmen zur Stärkung

der Position der Frauen in der Wissenschaft notwendig:

1. Die Erstellung und Umsetzung von Gleichstellungskonzepten sollte grundsätzlich Voraussetzung für die Einwerbung von Fördermitteln sein.
2. Das Professorinnen-Programm muss nach 2017 fortgesetzt und dahingehend weiterentwickelt werden, dass neben den zukünftigen Professorinnen auch Frauen in der Nachwuchsphase einbezogen werden (etwa Forschungsgruppen- oder SFB-Leiterinnen).
3. Wir müssen die Vereinbarkeit von Familie und Beruf an Hochschulen weiter verbessern. Hier sind neben familienfreundlichen Arbeitsterminen insbesondere Maßnahmen zur Unterstützung von Dual-Career-Paaren sowie eine staatliche Zertifizierung „familienfreundliche Hochschule“ zu entwickeln. Zusätzlich zu diesen politischen Initiativen ist die direkte Unterstützung der Wissenschaftlerinnen in ihrer Karriereplanung durch unsere Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen wichtig. Wir brauchen Präsidentinnen und Präsidenten, Rektorinnen und Rektoren sowie Lehrstuhlinhaberinnen und Lehrstuhlinhaber, die sich als gute Arbeitgeber verstehen. Die alles dafür tun, um den wissenschaftlichen Nachwuchs durch eine gute Betreuung zum wissenschaftlichen Erfolg zu führen und ihm Perspektiven entweder inner- oder außerhalb des Hochschulsystems aufzuzeigen. Als zertifiziert familienfreundliche Hochschule ist die TU Bergakademie Freiberg auf dem richtigen Weg.

Für einen Wandel ist aber auch wichtig, dass wir hier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben, die nicht nur fachlich exzellent, sondern auch gesellschaftspolitisch engagiert sind und wissen, wie man für seine Rechte einsteht.

Wir haben in Deutschland ein gut funktionierendes Wissenschaftssystem, in das allein der Bund vergangenes Jahr über 14 Mrd. Euro investiert hat. Darum beneiden uns viele Länder. Wir haben ausgezeichnete Forscherinnen und Forscher, die unser Land dringend braucht. Nur mit ihnen werden wir die Innovationsfähigkeit unseres Landes weiterhin sichern und einen Beitrag zur Bewältigung der großen globalen Herausforderungen wie denen des Klimawandels, der Energieversorgung, des Rohstoffverbrauchs, der Digitalisierung, nicht zuletzt auch der des demografischen Wandels leisten können.

Eines ist gewiss: Ohne Wissenschaft und vor allem ohne Frauen in der Wissenschaft wird es zukünftig nicht funktionieren.

Dr. Simone Raatz



Fotos (6): Detlev Müller/TU Bergakademie Freiberg

Entwicklung von supramolekularen Systemen: Artifizielle Rezeptoren zur molekularen Erkennung von Kohlenhydraten und Ionenpaaren

Monika Mazik, Direktorin des Instituts für Organische Chemie

Molekulare Erkennung ist ein grundlegendes Merkmal der Supramolekularen Chemie und basiert auf intermolekularen, nichtkovalenten Wechselwirkungen, die die Grundlage der Informationsübertragung zwischen Molekülen in natürlichen und auch in synthetischen, supramolekularen Systemen darstellen. Der Begriff „Molekulare Erkennung“ beschreibt dabei das schon lange bekannte Phänomen, dass nur bestimmte molekulare Strukturen zueinander passen und miteinander interagieren, und ist durch Jean-Marie Lehn (Nobelpreisträger für Chemie) als »Selektion und Bindung eines Substratmoleküls (oder mehrerer Substratmoleküle) durch ein Rezeptormolekül« definiert worden.¹

Bei Studien zur molekularen Erkennung sind biologisch relevante Moleküle sowohl in der Grundlagenforschung als auch unter praxisorientierten Gesichtspunkten sehr wichtige Zielmoleküle. Die selektive Erkennung von Biomolekülen durch artifizielle Rezeptoren ist für das Verständnis biochemischer Prozesse und für vielfältige Anwendungen der supramolekularen Chemie in der Analytik und in der Biomedizin von großer Bedeutung. Dabei hat die molekulare Erkennung von Kohlenhydraten (Mono- und Oligosacchariden), die als Informationsträger in natürlichen Systemen fungieren und dadurch eine Schlüsselrolle in einer Vielzahl von lebenswichtigen Prozessen spielen,^{2,3} eine herausragende Funktion. Die Anwendungsmöglichkeiten von artifiziellen Kohlenhydratrezeptoren sind vielseitig und umfassen u. a. deren Verwendung als Antiinfektiva, als künstliche Antikörper, zum Transport von Sacchariden oder verwandter Pharmazeutika durch die Zellmembran und in der Tumordiagnostik.

Kationische und anionische Spezies sind allgegenwärtig, und ihre wesentliche Einflussnahme auf chemische, biologische, medizinische, ökologische und industrielle Prozesse ist die treibende Kraft für viele Arbeiten zu ihrer Komplexierung. Die gleichzeitige Erkennung und Bindung des Kations und auch des Anions, d. h. des Ionenpaars,⁴ hat viele Vorteile

gegenüber der Komplexierung der einzelnen Komponenten, da hier kein zusätzlicher Energieaufwand zur Abtrennung des individuellen Kations oder Anions von seinem Gegenion aufgebracht werden muss, damit ihre Bindung stattfinden kann. Die artifiziellen Ionenpaarrezeptoren finden interessante Anwendungen als Membrantransporter, als Agenzien zur Solubilisierung von Salzen, als Sensoren sowie bei der Salzextraktion.

Design von Kohlenhydratrezeptoren und deren Anwendung als antiinfektive Wirkstoffe

Die Kohlenhydrate haben in den natürlichen Systemen lebenswichtige Funktionen und Eigenschaften, wie bspw. Zellerkennung, Antigenität, Histokompatibilität und Lektinaffinität. Erkenntnisse über die grundlegenden Prinzipien kohlenhydratbasierter Erkennungsprozesse können zur Vorbeugung und Behandlung zahlreicher Krankheiten, darunter bakterieller und viraler Infektionen, genutzt werden.

Obwohl das Gebiet der Kohlenhydraterkennung intensiv bearbeitet wird, stellt die selektive Bindung von Kohlenhydratmolekülen durch künstliche Rezeptoren noch immer eine enorme Herausforderung für die supramolekulare und biomimetische Chemie dar.⁵⁻⁷ Die besonderen Schwierigkeiten bei der Entwicklung von effektiven und spezifischen Kohlenhydratrezeptoren sind u. a. mit der dreidimensionalen Komplexität von Kohlenhydratstrukturen verbunden. Um alle potenziellen Bindungsstellen eines Zuckergerüsts voll nutzen zu können, sind Rezeptoren nötig, die das Kohlenhydratmolekül von allen Seiten mit Bindungsfunktionalitäten umgeben können. Vor allem in wässrigen Medien ist die Erkennung von Kohlenhydraten ein Problem, da dort ein Rezeptor sein Zielmolekül aus einem großen Überschuss konkurrierender Wassermoleküle selektieren muss. Da sich neutrale Kohlenhydrate von einem Wassercluster nur in der genauen Anordnung der Hydroxygruppen und durch die entsprechenden Bereiche einer hydrophoben Oberfläche unterscheiden,

stellt deren Erkennung die größte Herausforderung dar. Dagegen können Komplexe mit ionischen Kohlenhydraten, wie *N*-Acetylneuraminsäure (Neu5Ac), zusätzlich über Ion-Ion-Wechselwirkungen stabilisiert werden, was im Fall der neutralen Kohlenhydrate nicht möglich ist (nur ladungsverstärkte Wasserstoffbrücken mit ionischen Rezeptoren). Hervorzuheben ist das besondere Interesse an der Erkennung von Neu5Ac-haltigen Substraten, da sie in der Natur an einer Vielzahl von physiologischen Prozessen, insbesondere bei Infektionen, beteiligt sind.

In biologischen Erkennungsprozessen, an denen Kohlenhydrate beteiligt sind, tritt eine Vielzahl von nichtkovalenten Wechselwirkungen auf. Zu diesen Wechselwirkungen zählen insbesondere neutrale und ladungsverstärkte Wasserstoffbrückenbindungen, Koordination mit Metallen, CH- π -Wechselwirkungen, van-der-Waals-Kräfte und Ion-Ion-Wechselwirkungen (im Falle der ionischen Kohlenhydrate). Die Mehrheit der Wasserstoffbrückenbindungen bilden bei zuckerbindenden Proteinen, den sog. Lektinen, die Seitenkettengruppen der Proteine, wie z. B. die Amidgruppe von Asparagin (Asn) oder von Glutamin (Gln) (Abb. 1 und 2). Dagegen kommen die Hauptkettenamide – ganz im Gegensatz zur Situation bei Antikörpern – nur in geringem Ausmaß zum Einsatz. Die strukturellen Grundlagen der Kohlenhydraterkennung, die auf der Basis der Röntgenstrukturanalysen von Lektin-Kohlenhydrat-Komplexen bestimmt wurden, können als Ideenquelle für die Entwicklung künstlicher Rezeptoren dienen.

Unsere systematischen Studien zur Entwicklung von Kohlenhydratrezeptoren konzentrierten sich zuerst auf acyclische Systeme,^{5,7-9} deren Design durch die in den Kristallstrukturen der Lektin-Kohlenhydrat-Komplexe erkennbaren Bindungsmotive inspiriert war. Beispiele solcher Rezeptoren sind in Abb. 3 und 4 zu sehen. Die Gruppen X fungieren dabei als Akzeptor-/Donor-Stellen für Wasserstoffbrücken, während die

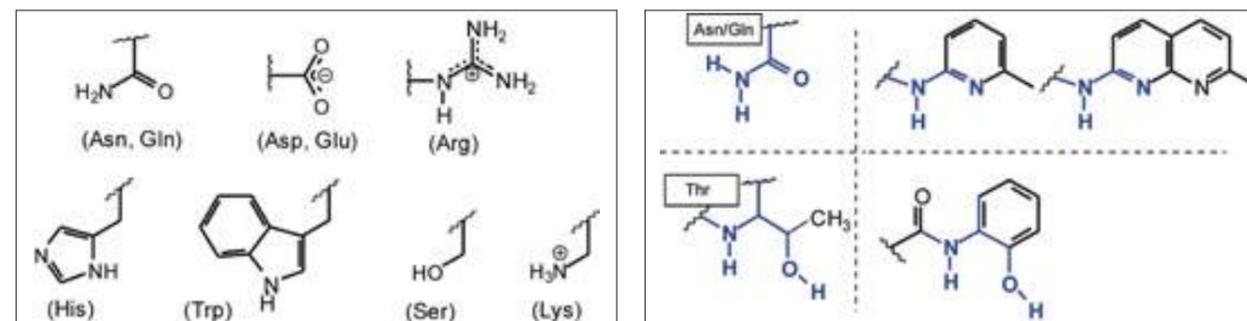


Abb. 1: Beispiele für natürliche Erkennungseinheiten (links) und deren Analoga (rechts)

zentrale aromatische Spacer-Einheit CH- π -Wechselwirkungen mit den CH-Gruppen des Kohlenhydratsubstrats eingehen kann. Als Spacer wurden – neben den in Abb. 3 dargestellten Benzen-Derivaten – auch größere Gruppen, wie Biphenyl- und Diphenylmethan-Einheiten, verwendet. Ihnen kommt zusätzlich die Aufgabe zu, die Erkennungseinheiten (Gruppen X) derart anzuordnen, dass eine dreidimensionale Erkennung der Saccharide ermöglicht wird. Die Rezeptorverbindungen wurden sowohl mit Erkennungsgruppen ausgestattet, die in der Natur zur molekularen Erkennung von Kohlenhydraten verwendet werden, als auch mit deren Analoga, wie beispielsweise der 2-Aminopyridin-Gruppe, die als heterocyclisches Analogon der Amidgruppe der Asparagin-/Glutaminsäure angesehen werden kann.

Die Bindungseigenschaften der neuen Moleküle wurden sowohl in wässrigen als auch in organischen Medien analysiert. Dazu wurden verschiedene Methoden, wie die isothermale Titrationskalorimetrie, NMR-, UV-Spektroskopie und Fluoreszenztitrationen oder auch Extraktionsexperimente angewendet. Auch wenn die molekulare Erkennung von Kohlenhydraten in wässrigen Medien von großer Bedeutung ist, so resultieren aus vergleichbaren Studien zu Kohlenhydraten in organischen Medien ebenfalls wichtige Erkenntnisse, deren Stellenwert nicht unterschätzt werden darf. In den Arbeiten von Quijcho et al. ist darauf hingewiesen worden,¹⁰ dass die Wasserstoffbrücken zwischen den Erkennungsgruppen und dem Zuckermolekül in einem Medium mit geringerer Dielektrizitätskonstante vorliegen als in Bulk-Wasser. Die Wasserstoffbrücken sind hier viel effektiver als im wässrigen Medium. Daher liefern die Studien in organischen Lösungsmitteln wichtige Informationen über die einzelnen Beiträge der funktionellen Gruppen zur Bindungsaffinität sowie zur Bindungselektivität und gestatten

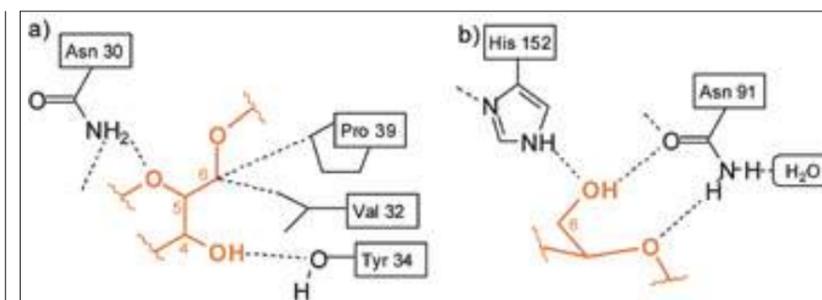


Abb. 2: Beispiele für Wasserstoffbrücken in den Komplexen aus (a) $\text{Man}\alpha 3(\text{Man}\alpha 6)\text{Man}$ und *Galanthus Nivalis* Agglutinin und (b) Galactose-bindendem Protein und D-Glucose

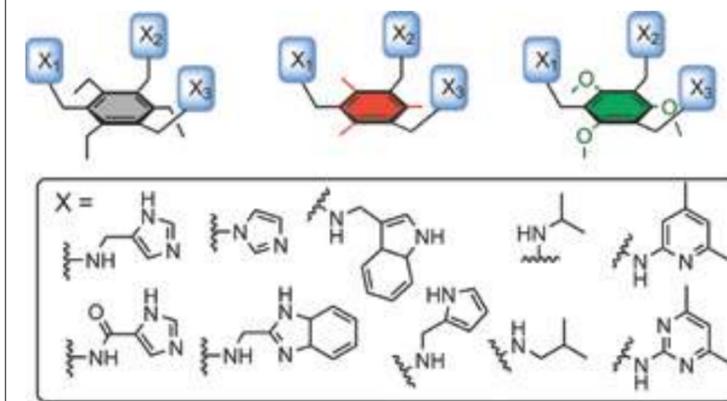


Abb. 3: Beispiele für acyclische Rezeptormoleküle^{5,7-9}

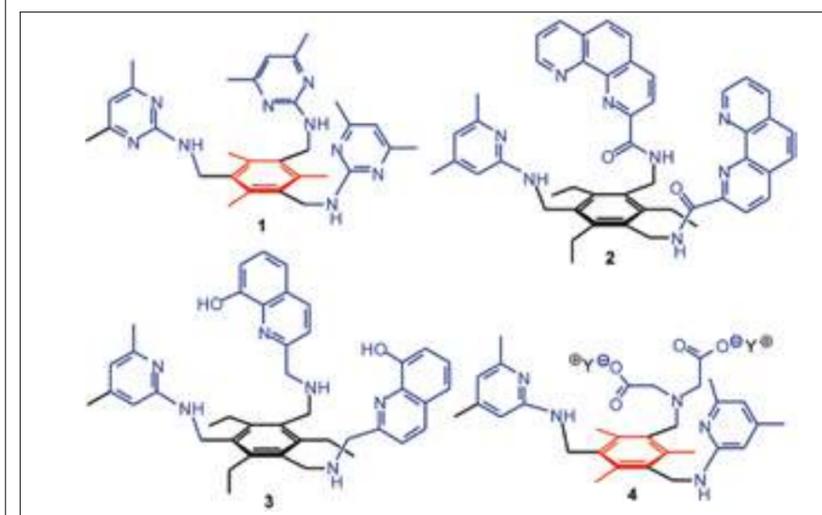


Abb. 4: Acyclische Rezeptormoleküle mit 2-Aminopyrimidin-, Phenanthrolin- und 8-Hydroxychinolin-Funktionalitäten

es, anhand der Modellsysteme die biologischen Prozesse besser zu verstehen.

Systematische Studien haben eindeutig gezeigt, dass acyclische Rezeptormoleküle in hervorragender Weise zur Komplexierung von Mono- und Oligosacchariden geeignet sind. Viele Vertreter dieser Rezeptorklasse weisen eine hohe β - α -Anomerselektivität und zudem auch eine hohe Epimerselektivität auf. Letzteres wird bspw. durch eine Bindungspräferenz für β -Glucosid gegenüber β -Galactosid widerspiegelt, die im Falle der Rezeptorverbindungen **1** und **2** festgestellt wurde. Die bei vielen synthetisierten Verbindungen festgestellte hohe Bindungskraft in Kombination mit deren relativ simplen Struktur macht die acyclischen Systeme zu attraktiven Objekten für zahlreiche Strukturmodifikationen. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, dass auch die Natur nahezu perfekte Strukturen zur molekularen Erkennung auf der Grundlage linearer Peptide mit zahlreichen frei drehbaren Bindungen entwickelt hat.

Im Verlauf der Bindungsstudien zu den acyclischen Rezeptoren konnten auch Kristallstrukturen von Rezeptor-Kohlenhydrat-Komplexen erhalten werden. Diese sind, was uns besonders erwähnenswert erscheint, die bisher einzigen Beispiele für kristalline Komplexe zwischen künstlichen Rezeptoren und Kohlenhydraten, die in der Literatur beschrieben worden sind (im Gegensatz zu den zahlreichen publizierten Röntgenstrukturen der Protein-Kohlenhydrat-Komplexe). Die in den Kristallstrukturen der künstlichen Komplexe erkennbaren Bindungsmotive, wie z. B. die Kohlenhydrat-Aromat-Wechselwirkungen, ähneln interessanterweise stark den Bindungsmotiven in Lektin-Monosaccharid-Komplexen, deren Analyse maßgeblich zur Entwicklung weiterer Rezeptortypen beigetragen hat. So inspirierte uns beispielsweise die Kristallstruktur eines 2:1-Komplexes aus einem Aminopyrimidin-basierten Rezeptor¹¹ und Octyl- β -D-glucopyranosid zum Design einer neuen Rezeptorarchitektur, die eine Kombination von flexiblen Erkennungseinheiten mit einem makrocyclischen Baustein darstellt. Die Bindungsstudien haben die vorhergesagte Fähigkeit solcher Rezeptoren zur gezielten Bildung von 1:1- statt 2:1- Rezeptor-Substrat-Komplexen verifiziert, womit aus entropischen Gründen eine günstigere Beeinflussung des Bindungsprozesses resultiert. Das Designprinzip wird in Abb. 5 gezeigt.

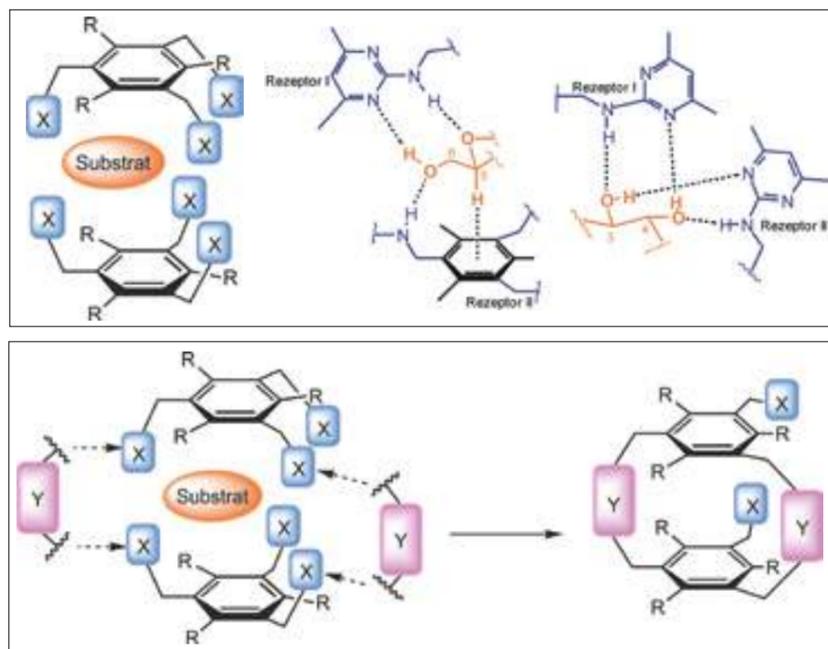


Abb. 5, oben: Beispiele für Wasserstoffbrücken und CH- π -Wechselwirkungen im kristallinen 2:1-Komplex zwischen Rezeptor **1** und Octyl- β -D-glucosid.¹¹ Unten: Schematische Darstellung des Designkonzepts der makrocyclischen Rezeptoren mit Brückeneinheiten Y und zwei flexiblen Erkennungsgruppen X¹²

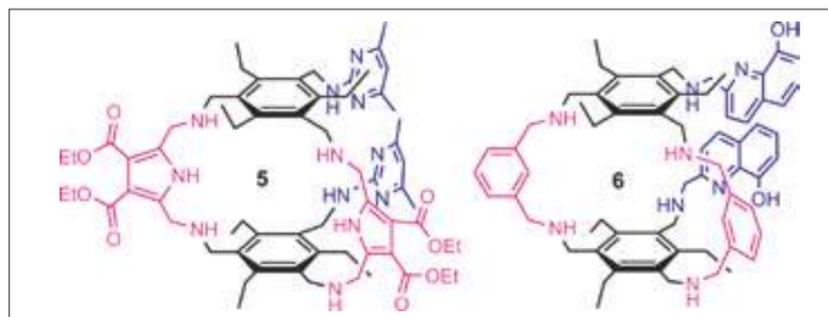


Abb. 6: Makrocyclische Rezeptormoleküle mit Pyrrol- (**5**) bzw. Benzen-basierten (**6**) Brückeneinheiten und 2-Aminopyrimidin- bzw. 8-Hydroxychinolin-basierten flexiblen Erkennungsgruppen¹²

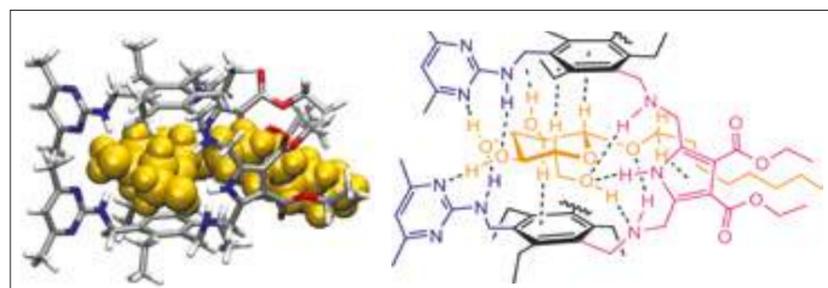


Abb. 7, links: Energieminimierte Struktur des 1:1-Komplexes zwischen Rezeptor **5** und Octyl- β -D-glucosid (MacroModel V.8.5, OPLS 2001 force field, MCMM). Farbcode: N = blau; C = grau; O = rot; Zuckermolekül = gold. Rechts: Schematische Darstellung der Bindungsmotive im Komplex¹²

Seine Anwendung führte zur Entwicklung einer ganzen Reihe hocheffektiver Rezeptoren mit interessanten Bindungspräferenzen (z. B. Rezeptoren **5** und **6**, s. Abb. 6 und 7). Die zahlreichen von uns dargestellten Vertreter dieser Rezeptorklasse^{12,13} haben wertvolle Aussagen zu

Struktur-Wirkungs-Beziehungen ermöglicht, die für die zukünftigen Entwicklungen auf diesem Gebiet von erheblicher Relevanz sind.

Besonders zu betonen sind die nachgewiesenen antiviralen und antibakteriellen Aktivitäten, die einige der bis jetzt

untersuchten Vertreter der verschiedenen Rezeptorklassen aufweisen. Die Entwicklung von geeigneten Medikamenten gegen Viren und Bakterien, die ständigen Veränderungen unterliegen, ist eine der größten Herausforderungen an die moderne Pharmaindustrie. In diesem Zusammenhang sind die entwickelten Basis-Moleküle von großem Interesse, da sie es erlauben, durch Variation von „Spacern“, „Linkern“ und „Erkennungseinheiten“ auf diese Änderungen in kürzester Zeit zu reagieren. Im Vorfeld einer Infektion binden Bakterien und Viren mit ihren zuckererkennenden Proteinen, den Lektinen, an passende Kohlenhydrate auf der Zelloberfläche³ an- und somit können lektinähnliche Wirkstoffe (artifizielle Rezeptoren bzw. Lektinmimetika) dies verhindern, indem sie die Bindungsstellen der Kohlenhydrate auf den Wirtszellen abdecken. In der Folge werden Viren und Bakterien, die über einen Kohlenhydrat-Erkennungsmechanismus verfügen, infolge spezifischer Erkennungsmechanismen auf molekularer Ebene in ihrer Wirkung blockiert (Abb. 8).

Trotz der Fülle der erzielten Ergebnisse bleiben nach wie vor viele Fragen offen. Zwar weisen einige der bisher synthetisierten Verbindungen sehr interessante Bindungseigenschaften in wässrigen Medien auf, doch stellt die Bindung von Kohlenhydraten in Wasser nach wie vor eine besondere Herausforderung dar, der nur dann entsprochen werden kann, wenn es unter Einbeziehung einer breiten Vielfalt nichtkovalenter Wechselwirkungen gelingt, eine möglichst perfekte Umgebung für das Substrat zu entwerfen. Die bisherigen Beobachtungen haben gezeigt, dass erst die Kombination von sowohl neutralen und ionischen Wechselwirkungen als auch von hydrophoben Interaktionen für den notwendigen Antrieb bei der Erkennung von Zuckermolekülen in Wasser sorgt (ähnlich wie bei den Lektinen; Beispiel dafür ist die Verbindung **4**). Der mit den neuartigen Rezeptoren bisher erzielte Erfolg lässt hoffen, dass Verbindungen mit verwandten Strukturen in wässriger Lösung noch wirksamer und selektiver sein können. Nach wie vor ist die Frage nach der treibenden Kraft für die Bindung von Kohlenhydraten bis heute nicht eindeutig geklärt, und ihre Beantwortung macht weitere Untersuchungen zwingend notwendig. Obwohl sich bereits einige sehr interessante Bindungspräferenzen der Rezeptoren herauskristallisiert haben, ist die exakte Vorhersage der Rezeptorselektivität

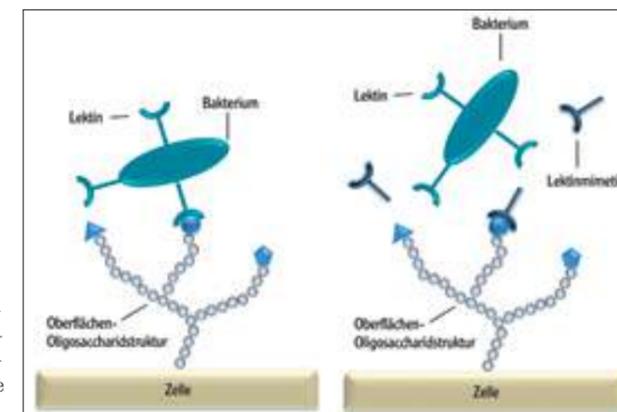


Abb. 8: Eine Strategie zur Infektionsbekämpfung: Kohlenhydratrezeptoren (Lektinmimetika) als antibakterielle Wirkstoffe

noch nicht möglich und wird daher eine wichtige Zielstellung zukünftiger Studien sein.

Die Bindungseigenschaften der entwickelten Rezeptoren zeigen eindrucksvoll deren Eignung als wertvolle Modellsysteme, die man daher nutzt, um die grundlegenden molekularen Eigenschaften der Kohlenhydraterkennung zu studieren – und zugleich ihr potenzielles Vermögen, eine Basis für die Entwicklung von Saccharidsensoren oder neuen Therapeutika zu sein. Grundlagenforschung und anwendungsorientierte Fragestellungen profitieren von ihnen gleichermaßen und stellen zudem eine wichtige Basis für zukünftige Studien dar.

Ionenpaarerkenkung: Komplexierung des Ionenpaars $\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$

Bei der Ionenpaarerkenkung handelt es sich um ein relativ junges Forschungsgebiet, das aus der Anionen- und Kationen-Koordinationschemie hervorgegangen ist.⁴ Das Potenzial der Ionenpaarrezeptoren ist im Hinblick auf viele Anwendungen, die oben bereits kurz erwähnt wurden, die treibende Kraft einer großen Anzahl von Forschungsarbeiten.

Im Rahmen unserer Studien zur Erkennung von ionischen Substraten haben wir zahlreiche Rezeptorsysteme entwickelt, darunter solche zur Komplexierung von Ammoniumsalzen,¹³ deren Vertreter in Abb. 9 exemplarisch dargestellt sind. An dieser Stelle wird jedoch auf diese Systeme nicht näher eingegangen, sondern vielmehr auf besonders interessante und einzigartige Komplexierungen, die wir für das Ionenpaar $\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$ beobachtet haben.¹⁴ Auf Grund der Wechselwirkungen zwischen den Hydroxygruppen dreier Moleküle des 1,3,5-Tris(hydroxymethyl)-2,4,6-triethylbenzens (**7**) (Abb. 10) konnte ein kristalliner Komplex erhalten werden [Komplex (**7**)₃· $\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$; s. Abb. 11], in dem

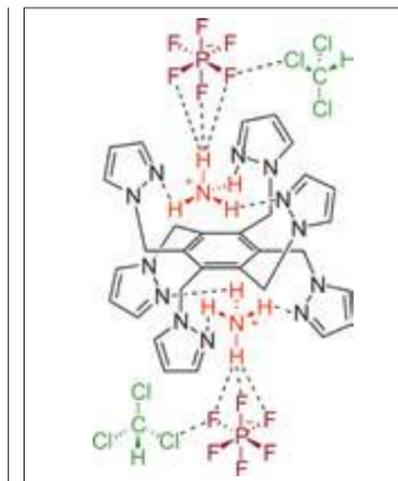
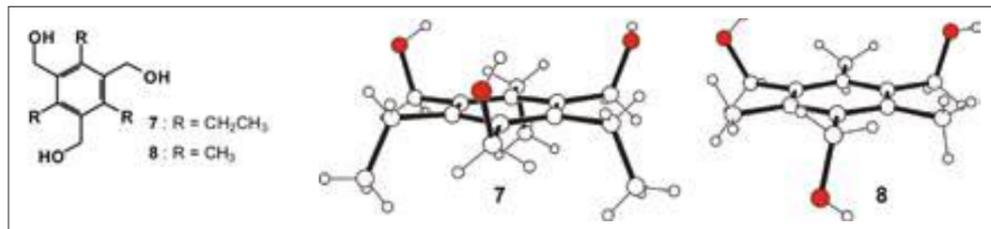


Abb. 9: Schematische Darstellung der nichtkovalenten Wechselwirkungen im kristallinen Komplex aus einem hexapodalen Pyrazol-basierten Rezeptor und $\text{NH}_4^+\text{PF}_6^-$ ¹³

die beobachteten stabilisierenden Wasserstoffbrücken sehr stark denjenigen ähneln, die für die hydratisierten Hydronium- und Hydroxid-Ionen postuliert worden sind. Diese Form der Stabilisierung von $\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$ -Komplexen in salz- und metallfreien Systemen wurde in der Literatur noch nicht beschrieben.

Die wichtige Rolle von hydratisierten Hydronium- und Hydroxid-Ionen in verschiedenen chemischen, biologischen und atmosphärischen Prozessen motiviert vielfältige experimentelle und theoretische Untersuchungen. Unterschiedliche Arten von $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ und $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_n$ Komplexen wurden postuliert (s. Abb. 12), und im Fall des Hydronium-Ions sind besonders die bekannten Komplexe des Eigen-Typs $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_3$ [H_9O_4^+] und des Zundel-Typs $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_2$ [H_5O_2^+] zu nennen. Des Weiteren finden sich in der Literatur auch $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_6$ [$\text{H}_{15}\text{O}_7^+$], $\text{H}_5\text{O}_2^+(\text{H}_2\text{O})_4$ [$\text{H}_{13}\text{O}_6^+$] und andere $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ -Komplexe – einschließlich Strukturen mit großer Hydrathülle, wie bspw. $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_{20}$. Im

Abb. 10: Molekulare Strukturen von **7** und **8** im Kristall, die den unterschiedlichen Präorganisationsgrad der beiden tripodalen Moleküle veranschaulichen¹⁴



Vergleich zu den hydratisierten Strukturen des Hydronium-Ions wurden bisher die Komplexe von hydratisierten Hydroxid-Ionen kaum untersucht, und Beispiele derartiger Strukturen sind $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_4$, $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_5$ und $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_6$ (Abb. 12). In diesen Komplexen fungieren je drei, vier oder fünf Wassermoleküle als Wasserstoffbrücken-Donor zum Hydroxid-Ion, und ein Wassermolekül dient als Wasserstoffbrücken-Akzeptor. Diese Aggregate können auch als 3+1-, 4+1- bzw. 5+1-Strukturen beschrieben werden.

Die Analyse der Wechselwirkungen zeigte, dass im Komplex $(\mathbf{7})_3\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$ die OH-Gruppen von **7** die Rolle der Wassermoleküle von hydratisierten Hydronium- und Hydroxid-Ion-Komplexen übernehmen, und die Bindungsmotive ähneln stark denjenigen der postulierten Strukturen. Dabei können die Hydroxygruppen die H_3O^+ - und HO^- -Ionen, die bei der Selbstionisation des Wassers während des Kristallwachstums entstanden sind, durch die Ausbildung von Wasserstoffbrücken effektiv stabilisieren. Die Präorganisation der Hydroxymethylgruppen von **7** scheint eine entscheidende Rolle bei der Komplexbildung zu spielen, wie durch komparative Studien mit dem Trimethylbenzen-Analogen **8** gezeigt wurde, dessen Hydroxymethylgruppen einen geringeren Grad der Präorganisation als die von **7** aufweisen. Unsere experimentellen Befunde haben in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit eine große Resonanz hervorgerufen, und inzwischen wurden durch umfangreiche theoretische Berechnungen anderer Wissenschaftler u. a. die im Kristall gefundenen Bindungsmotive eindeutig bestätigt.

Die Stabilisierung des Ionenpaars $\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$ durch eine neutrale, supramolekulare Umgebung dürfte einen besseren Einblick in die Natur und in das Verhalten dieser Ionen in anderen Umgebungen liefern, was wässrige und biologische Systeme mit einschließt und zudem auch in der Materialwissenschaft hohe Relevanz hat. Sie trägt damit grundlegend zum Verständnis zahlreicher biologischer, chemischer und atmosphärischer Prozesse bei.

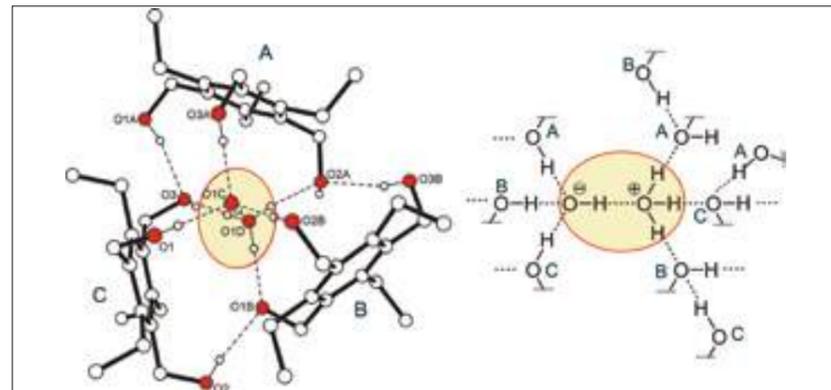


Abb. 11: Komplex $(\mathbf{7})_3\text{H}_3\text{O}^+\text{HO}^-$ (C-H-Wasserstoffatome wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen; die drei Wirtsmoleküle sind mit A, B und C bezeichnet) und schematische Darstellung der Wasserstoffbrücken im Komplex¹⁴

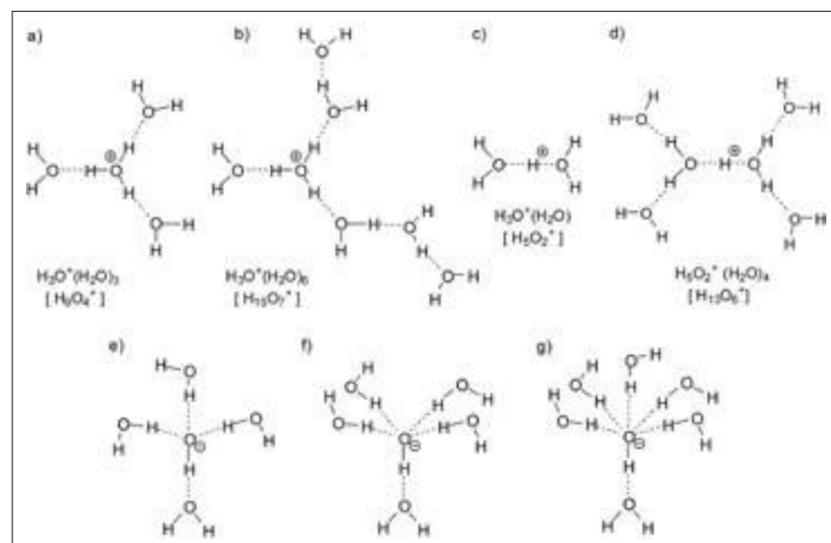


Abb. 12: (a-d) Literaturbeispiele für $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ -Komplexe [Die Strukturen des Eigen- und Zundel-Typs sind in a und c dargestellt]; (e-g) Beispiele für $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_n$ -Komplexe: Strukturen von $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_4$ [3+1], $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_5$ [4+1] und $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_6$ [5+1]

Literatur

- 1 J.-M. Lehn, *Supramolecular Chemistry, Concepts and Perspectives*, VCH, Weinheim, 1995.
- 2 H. Lis and N. Sharon, *Lectins*; Kluwer Acad. Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2003.
- 3 N. Sharon, H. Lis, *Scientific American*, 1993, 268 (Jan), 74-81.
- 4 A. J. McConnelland, P. D. Beer, *Angew. Chem.* 2012, 124, 5138-5148.
- 5 M. Mazik, *Chem. Soc. Rev.* 2009, 38, 935-956.
- 6 A. P. Davis, *Org. Biomol. Chem.* 2009, 7, 3629-3638.
- 7 M. Mazik, *RSC Adv.* 2012, 2, 2630-2642.
- 8 J.-R. Rosien, W. Seichter, M. Mazik, *Org. Biomol. Chem.* 2013, 11, 6569-6579
- 9 J. Lippe, W. Seichter, M. Mazik, *Org. Biomol. Chem.*, 2015, 13, 11622-11632
- 10 F. A. Quijcho, *Pure. Appl. Chem.* 1989, 61, 1293-1306.
- 11 M. Mazik, H. Cavga, P. G. Jones, *J. Am. Chem. Soc.* 2005, 127, 9045-9052.
- 12 J. Lippe, M. Mazik, *J. Org. Chem.* 2015, 80, 1427-1439.
- 13 F. Amrhein, J. Lippe, M. Mazik, *Org. Biomol. Chem.*, zum Druck eingereicht.
- 14 N. Koch, W. Seichter, M. Mazik, *Tetrahedron* 2015, 71, 8965-8974.
- 15 M. Stapf, W. Seichter, M. Mazik, *Chem. Eur. J.* 2015, 21, 6350-6354 und dort zitierte Literatur.

Wie Computer denken und Mikroskope sehen

Mathematische Methoden der Bildbearbeitung

Swanhild Bernstein, Institut für Angewandte Analysis

Natürlich können Mikroskope nicht sehen und Computer nicht denken, aber mit einer entsprechenden Software, die die physikalischen Zusammenhänge aus mathematischen Formeln darstellt, kann man mit Hilfe eines Computers ein Mikroskop steuern – und auf diese Weise denkt der Computer und das Mikroskop sieht.

Zunächst soll erklärt werden, wie ein Mikroskop sieht und wie der Computer dieses steuern kann. Anschließend wird erläutert wie man Signale auffassen und analysieren kann. Es geht dabei um das analytische Signal und die Hilbert-Transformation sowie um das monogene Signal und die Riesz-Transformationen. 1d-Signale stellen Zeit-Frequenz-Objekte dar, und auch 2d-Signale, also Bilder, können so betrachtet werden. Deshalb soll auch auf die Wavelet-Transformation als Zeit-Frequenz-Transformation und ihre Anwendungen eingegangen werden.

Im Mathematikstudium lernt man die Fourier-Reihe bzw. -Transformation kennen. Mathematische Bedeutung haben sie z. B. bei Faltungoperatoren und singulären Integraloperatoren oder allgemein bei Fourierintegraloperatoren. Im Prinzip ist die Funktion f nicht explizit gegeben, sondern ihre Fourier-Transformierte Ff im Frequenzbereich, und diese wird nun mittels einer weiteren Funktion h verändert und die entstehende Funktion mit Hilfe der inversen Fourier-Transformation F^{-1} in den Zeit- oder Ortsbereich zurücktransformiert. D. h., der Operator

$$P = F^{-1} h(\omega_1, \omega_2) F$$

bildet die Funktion f auf die Funktion Pf ab.

Nun sieht das sehr mathematisch aus, und es ist nicht offensichtlich, dass dieses Schema einen natürlichen physikalischen Vorgang beschreibt, nämlich den der Fourier-Filterung (*Fourier plane filtering*) der sog. Fourier-Optik.

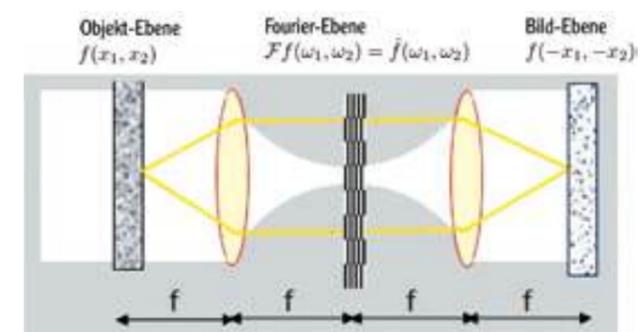


Abb. 1: Schematische Darstellung einer 4f-Konfiguration (aus [2])

Die physikalische Grundlage hierfür ist, dass eine Linse das Bild (Funktion) in sein Fourier-Spektrum (Fourier-Transformierte) transformiert, und die zweite Linse wirkt wieder wie eine Fourier-Transformation. Wegen $F(Ff(t)) = f(-t)$ erhält man praktisch das Ausgangsbild wieder. In der adaptiven Optik denkt man nun darüber nach, wie in der Fourier-Ebene das Bild (die Funktion) zu modifizieren ist, damit bestimmte Effekte, wie Kantenhervorhebung und dgl., erreicht werden.

In der Optik kann das mit einem SLM (*Spatial Light Modulator*)

erreicht werden. Dies sind programmierbare optische Geräte, die es gestatten, Amplitude und/oder Phase zu verändern. Ein Computerprogramm steuert dabei den Filter, der deshalb praktisch beliebige Form annehmen kann. Alternativ kann das digitale Bild durch mathematische Rechnungen entsprechend bearbeitet werden.

Im Folgenden soll erläutert werden, was man eigentlich unter Amplitude/Magnitude und Phase eines Signals versteht. Es sei bemerkt, dass man eigentlich nur Intensitäten messen kann, gleichwohl ergeben sich aus diesen Intensitäten die weiteren Größen. Des Weiteren werden spezielle Signalmodelle, das analytische und das monogene Signal, betrachtet. Diese beruhen auf Randwerten analytischer bzw. monogener Funktionen und werden durch Hilbert- bzw. Riesz-Transformationen erhalten.

1 Töne, Geräusche = 1d-Signale

Ausgangspunkt dafür ist, dass ein Bild ein physikalisches Signal ist, dass mathematisch beschrieben werden soll. Um es einfacher zu machen, hören wir uns dazu mal ein Audio-Signal, sprich ein Musikstück oder einfach eine Folge von Tönen, an. Was muss ich wissen, damit der Ton, den ich höre, allen anderen genauso übermittelt werden kann. Als erstes hört man einen Ton laut oder leise, d. h., es gibt eine Amplitude, die die Lautstärke bzw. Intensität des Tons beschreibt. Weiterhin unterscheidet sich der Kammerton **A** von anderen Tönen durch seine Frequenz. Damit haben wir das Signalmodell

$$S(t) = A(t) \cos(\omega t)$$

motiviert, wobei $A(t)$ die Amplitude und ω die Frequenz ist. Allgemeiner kann man annehmen

$$S(t) = A(t) \cos(\varphi(t)),$$

wobei $\varphi(t)$ als Phase bezeichnet wird. Es sei darauf verwiesen, dass diese Formel eigentlich zwei Größen verbindet, nämlich Zeit und Frequenz, wie sie eben einem Ton eigen sind. Die Zeit-Frequenz-Analyse spielt eine große Rolle in der Signalbe- und -verarbeitung. Dabei zeigt sich, dass es günstiger ist, mit komplexen Größen

$$e^{it} = \cos(t) + i \sin(t)$$

anstelle von $\cos(t)$ und $\sin(t)$ selbst zu arbeiten. Kehren wir deshalb zu unserem Signalmodell zurück und komplexifizieren es, wie es Dennis Gabor¹ getan hat.

Ausgehend von $s(t) = a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t)$ wird eine komplexe Zeitfunktion gebildet

$$\psi(t) = s(t) + i \sigma(t) = (a - ib)e^{i\omega t},$$

wobei $\sigma(t)$ aus $s(t)$ dadurch entsteht, dass $\cos(\omega t)$ durch $\sin(\omega t)$ ersetzt wird und $\sin(\omega t)$ durch $-\cos(\omega t)$. Ist $s(t)$ keine einfache harmonische Funktion, dann kann man den Prozess schnell verallgemeinern, indem man in der Fourierreihe des Signals

¹ Dennis Gabor, 1900-1979, ungarischer Ingenieur und Physiker, arbeitete in London und erhielt 1971 den Nobel-Preis für Physik für die Erfindung und Entwicklung holographischer Methoden.

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t)) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\omega t}$$

mit $c_n = \frac{1}{2}(a_n - ib_n)$ bzw. $c_{-n} = \frac{1}{2}(a_n + ib_n)$ (für $n > 0$) und $c_0 = \frac{a_0}{2}$ als Null annimmt und zu $\psi(t)$ übergeht, indem man alle negativen Amplituden c_{-n} gleich Null setzt und alle positiven Amplituden c_n verdoppelt:

$$\psi(t) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{in\omega t} = s(t) + i(\mathcal{H}s)(t).$$

Dabei bezeichnet \mathcal{H} die Hilbert-Transformation.² Insbesondere gilt $\mathcal{H}(\cos(\omega t)) = \sin(\omega t)$ und $\mathcal{H}(\sin(\omega t)) = -\cos(\omega t)$.

Die Bedeutung der Phase erkennt man daran, dass der Kamerton \mathbf{A} mit einer bestimmten Frequenz definiert ist, man aber keine Aussage über die Lautstärke (= Amplitude, Intensität) macht. Stellen wir uns nun die Frage praktisch: Es wird $s(t)$ zu jedem Zeitpunkt $t > t_0$ gemessen: Wie kann ich die Phase und damit die Frequenz bestimmen?

Unsere Annahme ist $s(t) = \mathbf{A}(t) \cos(\omega t)$. Die Amplitude $\mathbf{A}(t)$ ist nicht negativ, und es gilt deshalb $\mathbf{A}(t) = |\mathbf{A}(t)|$. Das komplexifizierte Signal ist dann

$$\psi(t) = s(t) + i(\mathcal{H}s)(t) = \mathbf{A}(t) \cos(\omega t) + i(\mathcal{H}\mathbf{A}(t) \cos(\omega t)).$$

Zwar wissen wir, dass $\mathcal{H}(\cos(\omega t)) = \sin(\omega t)$ ist, aber was gilt für das Produkt? Es geht also insbesondere um die Frage, wann gilt

$$\mathcal{H}(\mathbf{A}(t) \cos(\omega t)) = \mathbf{A}(t)\mathcal{H}(\cos(\omega t)) = \mathbf{A}(t) \sin(\omega t).$$

Denn dann ist

$$\psi(t) = s(t) + i(\mathcal{H}s)(t) = \mathbf{A}(t)(\cos(\omega t) + i \sin(\omega t)) \text{ und}$$

$$|\psi(t)|^2 = \psi(t)\overline{\psi(t)} = |\mathbf{A}(t)|^2 (\cos^2(\omega t) + \sin^2(\omega t)) = |\mathbf{A}(t)|^2.$$

Damit ergibt sich $\cos(\omega t) = \Re\left(\frac{\psi(t)}{|\psi(t)|}\right)$

Dabei bezeichnet \Re den Realteil der komplexen Zahl $z = a + ib$, d. h., $\Re(z) = a$.

Die Antwort auf die (mathematische) Frage gibt die sog. *Bedrosian identity*³.

Satz 1 (Bedrosian identity): Für komplexwertige Funktionen $f, g \in L^2(\mathbb{R})$ einer reellen Veränderlichen, deren Fourier-Transformierte $\hat{f}(\xi)$ für $|\xi| > a$ und $\hat{g}(\xi)$ für $|\xi| < a$ identisch Null sind und a eine positive Konstante ist, gilt

$$\mathcal{H}(f(t)g(t)) = f(t)\mathcal{H}(g(t)).$$

² David Hilbert, 1862–1943, bedeutender deutscher Mathematiker, hat eigentlich „nur“ die Darstellung der Hilbert-Transformation als singulärer Integraloperator gefunden, trotzdem ist er der Namensgeber für diese Transformation. Gefunden (erfunden) wurde die Transformation von Marcel Riesz, 1886–1969, ungarischer Mathematiker, bei der Untersuchung analytischer Funktionen.

³ Edward Bedrosian, geb. 1922, amerikanischer Elektroingenieur, Adjunct professor University Southern California, 1968–1971, Rand corp. 1957–1998.

In der Elektrotechnik würde man sagen, dass die Frequenz der Amplitude viel kleiner als die Frequenz der Phase ist und deshalb die *Bedrosian identity* gilt. Man kann folglich trennen, und das komplexifizierte Signal hat die Form

$$\psi(t) = \mathbf{A}(t)(\cos(\omega t) + i \sin(\omega t)) = \mathbf{A}(t) e^{i\omega t}.$$

Das Signal $\psi(t)$ nennt man auch analytisches Signal, da es als Randwert einer in der oberen Halbebene analytischen Funktion interpretiert werden kann. Ebenso gilt die *Bedrosian identity* für Randwerte analytischer Funktionen. Die Beziehung zwischen $s(t)$ und $\sigma(t)$ kann auch ein Paar konjugiert harmonischer Funktionen beschreiben. Diese Bemerkungen sollen nur andeuten, dass die Hilbert-Transformation von zentraler Bedeutung für die harmonische Analysis ist.

Definition 1 (Analytisches Signal): Es sei $s(t)$ ein quadratisch integrierbares Signal/Funktion. Dann heißt

$$\psi(t) = s(t) + i(\mathcal{H}s)(t) = \mathbf{A}(t)e^{i\varphi(t)}$$

analytisches Signal. $\mathbf{A}(t)$ ist die Amplitude, $\varphi(t)$ die Phase und $\frac{d\varphi(t)}{dt}$ die Momentanfrequenz.

2 Bilder = 2d-Signale

Zunächst wollen wir als „Bild“ ein digitales Schwarz-Weiß-Bild verstehen, also ein Rechteck aus Pixeln, und jedem Pixel wird ein (Grau-)Wert als Intensität zugeordnet. Die Grauwert-Bilder sehen zum einen unschön aus, weil sie grau sind, und zum anderen lassen sich manchmal wesentliche Dinge nicht richtig erkennen. Deshalb werden sie oft in bunte Bilder nach einem Farbschema transformiert. Man spricht dann von Falschfarben, weil es eben eigentlich kein Farbbild ist.

Bei einem Bild ist der Zusammenhang zwischen Ort und Frequenz nicht so einfach zu sehen wie bei einem Ton. Der Ausgangspunkt hier ist, dass die Fourierreihe eigentlich eine inverse Fouriertransformation ist. Die Fourierkoeffizienten sind die Transformaten, und die Fourierreihe ist die inverse Transformation des 1d-Signals.

Deshalb wird das Bild $S(x, y)$ Fourier-transformiert mit Hilfe der (diskreten) Fourier-Transformation

$$\mathcal{F}(S(x, y)) = \hat{S}(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(x, y) e^{i(x\omega_1 + y\omega_2)} dx dy.$$

Dann ist $\hat{S}(\omega_1, \omega_2)$ eine komplexwertige Funktion, und man kann deshalb schreiben

$$\hat{S}(\omega_1, \omega_2) = |\hat{S}(\omega_1, \omega_2)| e^{i\varphi(\omega_1, \omega_2)}.$$

$|\hat{S}(\omega_1, \omega_2)|$ nennt man Magnitude und $\varphi(\omega_1, \omega_2)$ Phase des Signals. Dargestellt werden in der Regel das Powerspektrum $|\hat{S}(\omega_1, \omega_2)|^2$

und die Phase $\varphi(\omega_1, \omega_2) = \arctan 2 \frac{\Im(\hat{S}(\omega_1, \omega_2))}{\Re(\hat{S}(\omega_1, \omega_2))}$.

Dabei bezeichnet \Re den Realteil, \Im den Imaginärteil der komplexen Zahl z , d. h., $\Re(z) = a$ und $\Im(z) = b$. Der Arkustangens ist die Umkehrfunktion des Tangens, und da der Tangens periodisch ist, kann der Tangens nur abschnittsweise eindeutig invertiert werden. Damit daraus eine stetige Funktion entsteht müssen verschiedene Zweige des Arkustangens entsprechend miteinander verbunden werden; die dann entstehende Funktion wird als $\arctan 2$ bezeichnet.

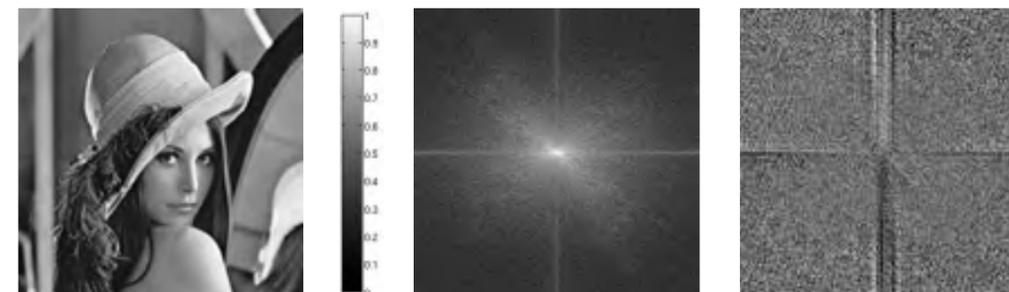


Abb. 2: Lena: Originalbild, Powerspektrum, Phase

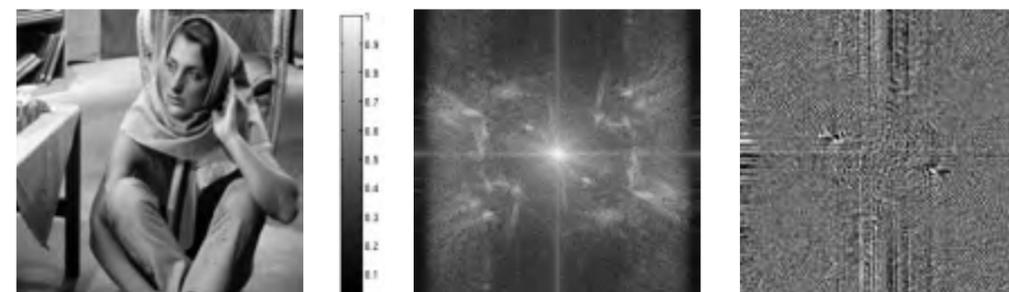


Abb. 3: Barbara: Originalbild, Powerspektrum, Phase

„Lena“⁴ oder auch „Lenna“ (Abb. 2) ist ein Standardbild in Bildbe- und -verarbeitung und kann deshalb auch als Referenzbild verwendet werden.

Dass die Phase bedeutsamer ist als die Intensität, kann man an gemischten Bildern sehen, wo die Phase eines Bildes mit der Magnitude eines anderen Bildes (Abb. 3) kombiniert wird (Abb. 4). Dann ist das Bild zwar nicht wirklich rekonstruiert, aber es ähnelt dem Bild, von dem die Phase stammt.

Wenn es so ein schönes Signalmodell wie das analytische Signal gibt, dann stellt sich die Frage, wie es damit für Funktionen mehrerer Veränderlicher, hier zunächst nur zwei, aussieht. Die Antwort ist erstmal niederschmetternd. Die komplexe Funktionentheorie gilt in ihrer vollen Schönheit nur für eine komplexe Veränderliche, was wiederum dazu führt, dass das analytische Signal zunächst auf eine Dimension begrenzt ist.

Eine Möglichkeit, ein analytisches Signal zu definieren, ist, die Funktionentheorie für Funktionen mehrerer komplexer Veränderlicher zu verwenden. Dieser Weg wurde von Stefan L. Hahn⁵ beschritten.

Definition 2: Für ein quadratisch integrierbares Signal/Funktion $u(x_1, x_2)$ sind die Riesz-Transformationen R_1, R_2 definiert als

$$R_j u(x_1, x_2) = \frac{\Gamma(\frac{3}{2})}{\pi^{3/2}} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{y_j}{(y_1^2 + y_2^2)^{3/2}} u(x_1 - y_1, x_2 - y_2) dy_1 dy_2, \quad j = 1, 2.$$

Aus praktischen Erwägungen heraus, bei der Untersuchung von Fingerabdrücken, die sog. *fringe pattern* darstellen, fand Kieran Gerard Larkin⁶ die *spiral phase transform* als

⁴ „Lena“ ist ein digitalisiertes Playboy-Bild vom November 1972. Lena Soderberg ist das Playmate und lebt heute in ihrer Heimat Schweden, ist verheiratet und hat drei Kinder (siehe <http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapg/lenna.shtml>). Auf diesen Seiten erfährt man auch mehr über die Geschichte des Bildes; außerdem gibt es einen Link zum Originalbild und ein Foto von Lena auf der IS&T Konferenz 1997 in Boston.
⁵ Stefan Ludwik Hahn, geb. 1921, polnischer Elektroingenieur, Prof. am Institute of Radioelectronics and Multimedia Technology, Warsaw University of Technology.
⁶ Kieran Gerald Larkin, australischer Physiker, fand die *spiral phase transform*, als er an der University of Sydney am Dept. of Physical Optics promovierte. Heute ist er unabhängiger Forscher bei Nontrivialzeros Research.



Abb. 4: Lena-Phase mit Barbara-Amplitude, Barbara-Phase mit Lena-Amplitude

Verallgemeinerung der Hilbert-Transformation. Etwa zur gleichen Zeit entwickelten davon unabhängig Michael Felsberg⁷ und Gerald Sommer⁸ das sog. monogene Signal. Für den Fall zweier Veränderlicher sind beide Definitionen völlig äquivalent.

Mathematisch verallgemeinern beide Zugänge die Hilbert-Transformationen, indem sie sie durch die Riesz-Transformationen ersetzen.

Man sagt, dass R_j ein Faltungsoperator mit dem Kern

$$\frac{\Gamma(\frac{3}{2})}{\pi^{3/2}} \frac{x_j}{(x_1^2 + x_2^2)^{3/2}}$$

ist. Die Riesz-Transformationen können mit Hilfe von sog. Fourier-Multiplikatoren dargestellt werden:

$$\mathcal{F}\left(\frac{\Gamma(\frac{3}{2})}{\pi^{3/2}} \frac{x_j}{(x_1^2 + x_2^2)^{3/2}}\right) = -i \frac{\omega_j}{(\omega_1^2 + \omega_2^2)^{1/2}}$$

⁷ Michael Felsberg, seit 2008 Prof. für Computer Vision an der University Linköping, Schweden.
⁸ Gerald Sommer war bis 2010 Prof. für Kognitive Systeme am Institut für Informatik der Christian-Albrechts Universität Kiel. Der Lehrstuhl existiert heute nicht mehr.

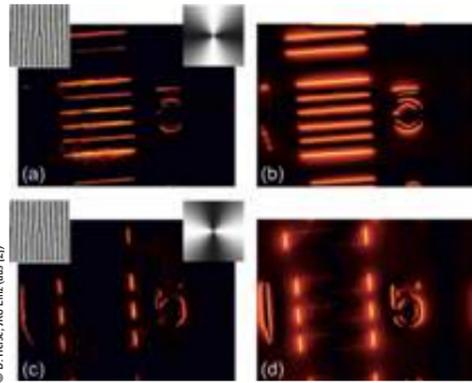


Abb. 5: Anwendung der Riesz-Kerne als Filter auf eine Teststruktur. (a), (c) gemessen, (b), (d) berechnet. Quelle [2]

Eine Anwendung der Riesz-Kerne auf eine Teststruktur sieht man in Abb. 2.

Die Hilbert- bzw. die Riesz-Transformationen spielen in der Theorie singularer Integraloperatoren eine entscheidende Rolle. Elias M. Stein⁹ bewies entscheidende Eigenschaften singularer Integraloperatoren mit Hilfe der Riesz-Transformationen. Die Darstellung von singularen Integraloperatoren als Fourier-Multiplikations-Operatoren geht auf Solomon Grigor'evich Mikhlin¹⁰ zurück.

Zum einen kann man nun das Signal selbst und die Riesz-Transformierten des Signals betrachten. Eine bessere Darstellung ergibt sich mit Hilfe des sog. „monogenen Signals“. Dies beruht auf einer verallgemeinerten Funktionentheorie, entwickelt von Rudolf Fueter¹¹ und wiederentdeckt von Richard Delanghe¹², auf die hier nicht eingegangen werden soll. Für diese Darstellung verwenden wir Quaternionen. Quaternionen wurden von William Rowan Hamilton¹³ erfunden, als er sich die Frage stellte, wie man Vektoren dividieren kann. Eine weitere Verallgemeinerung der Algebra der Quaternionen sind die Clifford-Algebren¹⁴, die ebenfalls in der Physik eine große Rolle spielen. Ein Spezialfall sind die Pauli-Algebren¹⁵.

Definition 3 (Quaternionen): Quaternionen sind verallgemeinerte komplexe Zahlen der Form $w + ix + jy + kz$, wobei w, x, y, z reelle Zahlen sind und die verallgemeinerten imaginären Einheiten i, j, k den folgenden Multiplikationsregeln genügen:

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1, \\ ij = k = -ji, \quad jk = i = -kj, \quad ki = j = -ik.$$

⁹ Elias M. Stein, geboren 1931 in Antwerpen (Belgien), floh 1940 mit seinen Eltern in die USA, Prof. für Mathematik an der Princeton University seit 1963.
¹⁰ Solomon Grigor'evich Mikhlin, eigentlich Zalman Girshevich Mikhlin, 1908-1990, Prof. für Mathematik von 1944 bis 1990 an der staatlichen Leningrader Universität, heute staatliche Sankt Petersburger Universität.
¹¹ Rudolf Fueter, 1880-1950, Schweizer Mathematiker, der sich insbesondere mit Zahlentheorie beschäftigte. Ab 1916 lehrte er an der Universität Zürich.
¹² Richard Delanghe, geb. 1941, belgischer Mathematiker, von 1974-2001 Prof. für Mathematik an der Rijksuniversiteit Gent (heute Universität Gent).
¹³ William Rowan Hamilton, 1805-1865, irischer Mathematiker, Physiker und Astronom.
¹⁴ William Kingdon Clifford, 1845-1879, englischer Mathematiker und Philosoph, aufbauend auf die Arbeiten von Hermann Grassmann schuf er die sogenannte geometrische Algebra.
¹⁵ benannt nach Wolfgang Ernst Pauli, 1900-1958, österreichischer Physiker, der sich ebenfalls mit Quantenphysik beschäftigte.

Anstelle einer komplexen imaginären Einheit hat man also drei imaginäre Einheiten. Im Gegensatz zu den komplexen Zahlen ist die Multiplikation nicht kommutativ, z. B. $ij = k = -ji$, aber immer noch assoziativ. Insbesondere, wenn man einen Vektor $\vec{v} \in \mathbb{R}^3$ mit $v_1i + v_2j + v_3k$ identifiziert, dann ist

$$\frac{1}{\vec{v}} = \vec{v}^{-1} = -\frac{(v_1i + v_2j + v_3k)}{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}$$

für alle $\vec{v} \in \mathbb{R}^3 \setminus \{0\}$.

In ähnlicher Weise wie komplexe Zahlen kann man auch Quaternionen in exponentieller Form darstellen:

$$q = w + xi + yj + zk = w + \underline{q} = |\underline{q}| e^{i\varphi} = |\underline{q}| \left(\cos \varphi + \frac{\underline{q}}{|\underline{q}|} \sin \varphi \right) = |\underline{q}| e^{i\varphi}$$

mit $\underline{q} = ix + jy + kz$, $|\underline{q}|^2 = w^2 + x^2 + y^2 + z^2$, $|\underline{q}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

$$\text{und } \cos \varphi = \frac{w}{|\underline{q}|} \text{ sowie } \underline{u} = \frac{\underline{q}}{|\underline{q}|}.$$

Definition 4 (Riesz-Hilbert-Transformation): Für ein quadratisch integrierbares Signal/Funktion f sei

$$(\mathcal{R}f)(x_1, x_2) := (R_1f)(x_1, x_2)i + (R_2f)(x_1, x_2)j$$

Riesz-Hilbert-Transformierte von f .

Definition 5 (Monogenic Signal): Als monogenes Signal eines reellwertigen Signals f bezeichnet man

$$f_M(x_1, x_2) = f(x_1, x_2) + (R_1f)(x_1, x_2)i + (R_2f)(x_1, x_2)j$$

mit der Amplitude $|f_M(x_1, x_2)|$,

$$\text{der Phase } \varphi(x_1, x_2) := \arctan 2 \left(\frac{((R_1f)^2 + (R_2f)^2)^{1/2}}{|f(x_1, x_2)|} \right)$$

$$\text{und der Orientierung } u := \frac{\mathcal{R}f(x_1, x_2)}{|\mathcal{R}f(x_1, x_2)|}$$

Der Name „monogenes Signal“ kommt daher, dass f_M als Randwerte einer monogenen Funktion aufgefasst werden können. Für das monogene Signal ist bewiesen, dass es keine Bedrosian identity geben kann, man kann aber unter bestimmten Bedingungen eine näherungsweise Bedrosian identity haben.

Als Beispiele betrachten wir die Bilder „Barbara“ und „Lena“ mit ihren monogenen Phasen und monogener Orientierung (Abb. 6 und 7).

Will man beispielsweise eine Kante mehr als eine andere Kante im Bild hervorheben, dann gelingt das mit der Riesz-Hilbert-Transformation nicht; man muss eine fraktionale Riesz-Hilbert-Transformation betrachten.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine fraktionale Riesz-Hilbert-Transformation einzuführen. Wegen $\mathcal{R}^2 = I$ besitzt \mathcal{R} nur zwei reelle Eigenwerte, d. h. komplexe Zahlen λ und Funktionen u mit $\mathcal{R}u = \lambda u$, nämlich $\lambda_1 = -1$ und $\lambda_2 = 1$. Wie man leicht sieht, ist

$$\mathcal{R}f = \frac{1}{2}(I + \mathcal{R})f + (-1)\frac{1}{2}(I - \mathcal{R})f$$

und $-1 = e^{-i\pi} = \cos(\pi) + i\sin(\pi)$. Alternativ könnte man auch die Fourier-Transformierte der Riesz-Hilbert-Transformation betrachten.

An der Definition sieht man die Bedeutung der Formel der fraktionellen Riesz-Hilbert-Transformation. Die Funktion und die Riesz-Hilbert-Transformierte werden gewichtet, wobei das Gewicht von α abhängt.

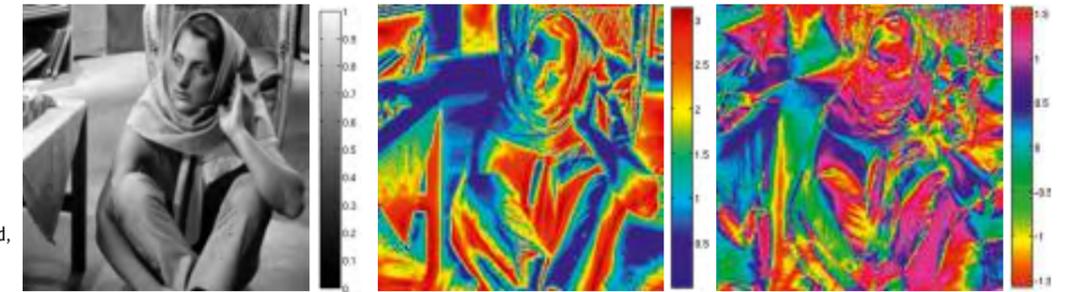


Abb. 6: Barbara: Originalbild, monogene lokale Phase, monogene Orientierung

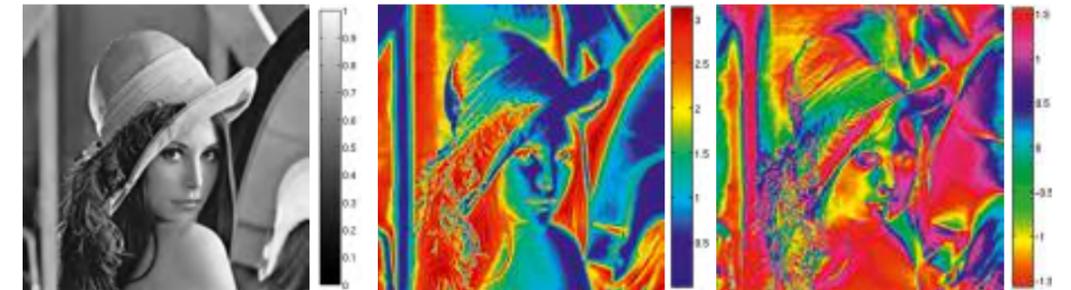


Abb. 7: Lena: Originalbild, monogene lokale Phase, monogene Orientierung

Definition 6 (Fraktionale Riesz-Hilbert-Transformation): Für eine quadratisch integrierbare Funktion f und eine reelle Zahl α sei

$$\mathcal{R}^\alpha f(x_1, x_2) := \frac{1}{2}(I + \mathcal{R})f + e^{-i\alpha\pi} \frac{1}{2}(I - \mathcal{R})f \\ = e^{-i\frac{\pi}{2}\alpha} \left(\cos\left(\frac{\pi}{2}\alpha\right) f + \sin\left(\frac{\pi}{2}\alpha\right) \mathcal{R}f \right).$$

Eine analoge Formel gilt für die fraktionale Hilbert-Transformation, die unter anderem auch von Lothar von Wolfersdorf¹⁶ betrachtet wurde. So, wie das monogene Signal auf der Riesz-Hilbert-Transformation basiert, kann man mit Hilfe der fraktionellen Riesz-Hilbert-Transformation ein fraktionales monogenes Signal konstruieren.

Ein Problem der Fourier-Transformation ist die Heisenbergsche Unschärferelation¹⁷ der Zeit-Frequenz-Analyse, die von Dennis Gabor formuliert wurde. Praktisch stellt das ein Problem bei zeitveränderlichen Prozessen dar. Ein Musikstück besteht aus einer Abfolge von Tönen. Würde man darauf die Fourier-Transformation anwenden, könnte man erkennen, welche Töne insgesamt gespielt wurden, aber nicht, zu welcher Zeit. Dennis Gabor löst das Problem mit Hilfe der short term Fourier transform bzw. gefensterter Fouriertransformation, auch Gabor-Transformation genannt, bei der die Zeitlokalisierung durch eine Fensterfunktion erzwungen wird. Die Heisenbergsche Unschärferelation gilt aber auch in diesem Fall. Eine bessere Zeit-Frequenz-Lokalisierung kann durch Wavelets erreicht werden. Auch in diesem Fall gilt die Heisenbergsche Unschärferelation. Eine weitere Möglichkeit spezielle Details in Bildern zu erkennen gestattet die gewichtete Riesz-Hilbert-Transformation.

Definition 7 (Gewichtete Riesz-Hilbert-Transformation): Für eine quadratisch integrierbare Funktion f und eine positive reelle Zahl l sei

$$\mathcal{R}_l f(x_1, x_2) := \mathcal{F}^{-1} \left(\frac{\xi_1 + i\xi_2}{|\xi|} \right)^l \mathcal{F}f$$

¹⁶ Lothar von Wolfersdorf, 1934-2010, war von 1968 bis 1999 Prof. für Mathematik an der TU Bergakademie Freiberg und seit 1991 Mitglied der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig.

¹⁷ Werner Heisenberg, 1901-1976, deutscher Physiker und Nobelpreisträger 1932 für die Begründung der Quantenmechanik.

Wenden wir uns nun den Wavelets zu und gehen zunächst auf ihre Entstehungsgeschichte ein. Wavelets wurden von Yves Meyer¹⁸ mit der folgenden Zielstellung gesucht: Eine Funktion f soll als Linearkombination „einfacher“ Grundfunktionen ψ_k dargestellt werden:

$$f = \sum_k c_k \psi_k.$$

Dabei werden die folgenden Anforderungen an die Grundfunktionen gestellt:

1. Eine Darstellung als Linearkombination ist für eine genügend große Klasse von Funktionen möglich, und Analyse (Berechnung der Koeffizienten c_k) und Synthese (Rekonstruktion von f aus den Koeffizienten c_k) können numerisch rasch und stabil durchgeführt werden.
2. Die Grundfunktionen sollen zeitlich gut lokalisiert sein, also nur auf einem beschränkten Bereich wesentlich von Null verschieden sein.
3. Die Grundfunktionen sollen auch im Frequenzbereich gut lokalisiert sein.
4. Die Grundfunktionen bilden ein Orthonormalsystem.

Definition 8 (Kontinuierliche Wavelets):

Die Funktion $\psi : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$ mit $\psi \in L^2(\mathbb{R})$, $\|\psi\|_{L^2} = 1$ und

$$2\pi \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\hat{\psi}(a)|^2}{|a|} da =: C_\psi < \infty, \text{ (Zulässigkeitsbedingung) heißt}$$

(Mutter-)Mother-Wavelet. Für ein Mother-Wavelet ψ heißt

$$Wf(a, b) := \frac{1}{|a|^{1/2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt, \quad a \neq 0,$$

die Wavelet-Transformierte des Zeitsignals $f \in L^2(\mathbb{R})$ bzgl. ψ .

¹⁸ Yves Meyer, geb. 1939, französischer Mathematiker, er war Prof. für Mathematik an der Pariser Dauphine University, an der École Polytechnique (1980-1986), Gastprofessor am Conservatoire National des Arts et Métiers (2000) und ist jetzt Prof. em. an der École Normale Supérieure de Cachan. Die von ihm gefundenen Wavelets nannte er ondelettes. Im Deutschen müssten sie eigentlich Wellchen heißen.

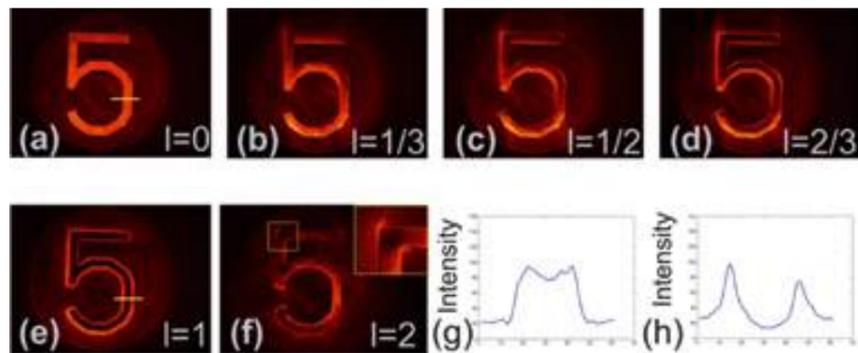


Abb. 8: Mittels eines Spiral-Phasen-Filters gemessene Wirkung der gewichteten Riesz-Hilbert-Transformation

- (a) Ausgangsbild
- (b)–(d) unterschiedlich gewichtete Kanten gemäß verschiedenen Werten von l
- (e) Standard Riesz-Hilbert-Transformation,
- (f) Hervorhebung der Ecke bei $l = 2$
- (g), (h) zeigen das Identitätsprofil entlang der Linien in (a) bzw. (e)

Man nennt b den Verschiebungs- und a den Skalenparameter. In vielen Fällen wird nur $a > 0$ betrachtet. Die Wavelets sind eine Verallgemeinerung der Fourier-Transformation, da die Funktion $|a|^{-1/2} \varphi(\frac{t-b}{a})$ die Rolle der Funktion $e^{-it\omega}$ übernimmt.

Des Weiteren verallgemeinert es die gefensterete Fourier-Transformation, deren Kernfunktion $g(t-b)e^{-it\omega}$ bereits den Verschiebungsparameter enthält und bei der die Funktion g gut zeitlich lokalisiert ist, so dass nur ein kleines Intervall um b jeweils betrachtet wird.

Der entscheidende Durchbruch bei der Konstruktion von Wavelets gelang Ingrid Daubechies,¹⁹ als sie Wavelets konstruieren konnte, die sowohl im Zeit- als auch Frequenzbereich kompakte Träger haben, d. h., die Funktion und ihre Fourier-Transformierte sind gleich Null außerhalb eines beschränkten Intervalls. Von ihr entwickelte Wavelets wurden im JPEG2000-Algorithmus eingesetzt. Dadurch ist es möglich, ganze Bilder zu bearbeiten und nicht nur 8×8 -Pixel-Blöcke.

Wavelets hätten schwerlich eine praktische Anwendung außerhalb der Wissenschaft gefunden, wenn Stéphane Mallat²⁰ nicht die Multiskaleneigenschaft der diskreten Wavelets gefunden hätte. Diese ermöglicht es, schnelle Algorithmen zu entwickeln.

Bei der diskreten Wavelet-Transformation wird die Redundanz und damit auch der Aufwand der kontinuierlichen Wavelet-Transformation dadurch verringert, dass man sich auf eine diskrete Menge von Translationen (ganzzahlig) und Skalierungen (Zweierpotenz-Schritte) beschränkt (dyadische Wavelets). Man erhält eine orthogonale Basis, ausgehend von einem zulässigen Mutter-Wavelet $\psi(t) = \psi_{0,0}(t)$

$$\psi_{j,k} = 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k), \quad j, k \in \mathbb{Z} = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots\}.$$

Man sieht, dass die Skalen keine Frequenzen sind, aber gewissen Frequenzen entsprechen. Typischerweise werden Wavelet-Transformierte $Wf(a, b)$ in einem Skalogramm dargestellt; dabei entspricht die x -Achse der Verschiebung b und die y -Achse der Skala a . An der Stelle (a, b) wird also der Wert $Wf(a, b)$ angegeben. Bei der diskreten Wavelet-Transformation werden die Waveletkoeffizienten $c_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k) dt$ bestimmt und dem Pixel an der Stelle (j, k) dieser Wert zugeordnet. Dabei verlaufen die Skalenwerte scheinbar von den großen zu den kleinen Werten. Dem ist aber nicht so, da $2^{-8} < 2^{-2}$ ist für $j=8$ bzw. $j=2$. Dadurch stehen die hohen Skalen nahe der x -Achse für langwellige Anteile.

¹⁹ Ingrid Daubechies, geb. 1954, belgische Mathematikerin, von 2004 bis 2011 William R. Kenan, Jr. Professorin am Department of mathematics and applied mathematics der Princeton University, heute ist sie Prof. für Mathematik an der Duke University.

²⁰ Stéphane Mallat, geb. 1962, französischer Mathematiker, Prof. für Mathematik am École Polytechnique in Palaiseau in der Nähe von Paris.

Die langwelligen Anteile geben eine grobe Approximation des Signals. Sie werden durch feinere Details der darüber liegenden Skalen ergänzt. Diese Einteilung in grobe Approximation und feine Details kann für die Datenkompression genutzt werden, indem man nur die grobe Approximation verwendet. Diese Datenkompression ist nicht verlustfrei.

Am folgenden Beispiel soll die Wavelet-Transformation erklärt werden. Es sei

$$f_1(t) = \begin{cases} \cos(2\pi \cdot 10t), & 0 \leq t < 5, \\ \cos(2\pi \cdot 25t), & 5 \leq t < 10, \\ \cos(2\pi \cdot 50t), & 10 \leq t < 15, \\ \cos(2\pi \cdot 100t), & 15 \leq t < 20, \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

und zum anderen

$$f_2(t) = f_1(t) + \cos(2\pi \cdot 100t),$$

die Funktion $f_1(t)$ wird also mit einer hochfrequenten Störung überlagert. Man erkennt die zeitliche Trennung und die unterschiedlichen Frequenzen (Abb. 9 und 10).

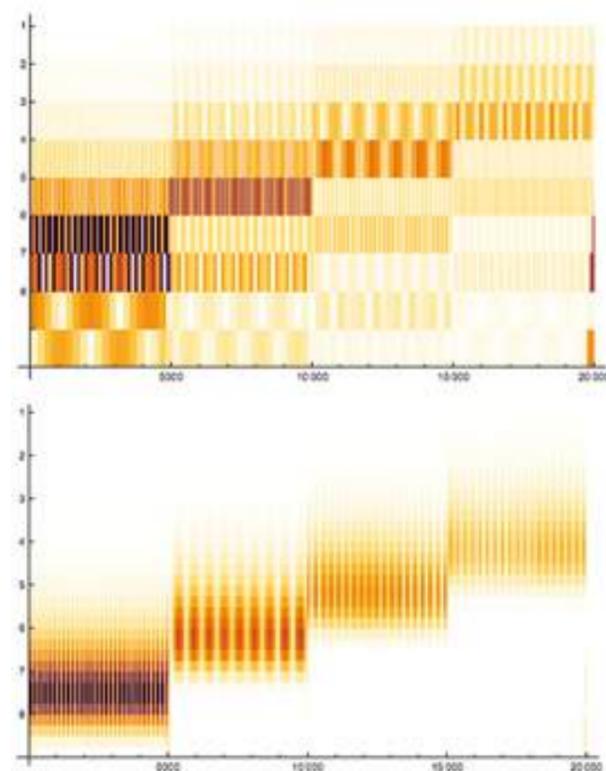


Abb. 9: Wavelet-Transformierte von f_1 : diskret, kontinuierlich

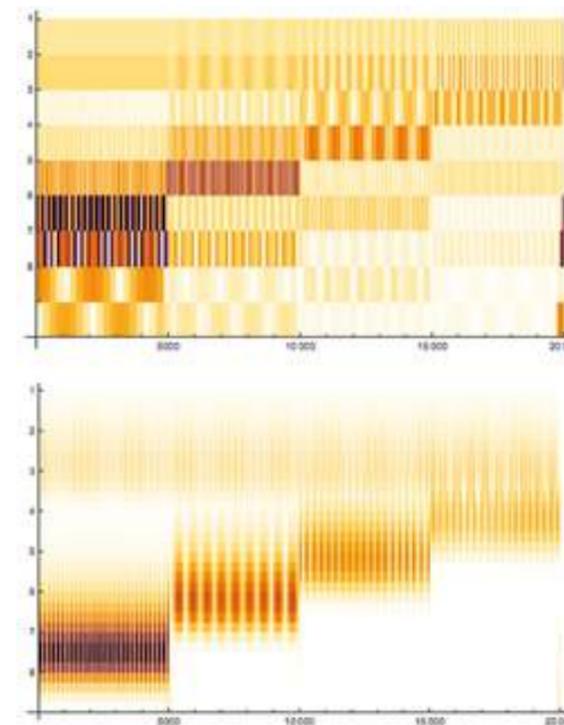


Abb. 10: Wavelet-Transformierte der gestörten Funktion $f_2(t)$: diskret, kontinuierlich

Insbesondere liegt der Anteil der hochfrequenten Störung über dem des eigentlichen Signals und ist über die gesamte Zeit vorhanden. Am rechten Ende bei $b=0$ (nicht wirklich sichtbar) und am linken Ende ($b=20000$) erkennt man „kegelförmige Werte“. Diese werden durch die Unstetigkeit der Funktionen an diesen Stellen erzeugt. Allgemein entsprechen sie dem Abklingverhalten der Wavelet-Koeffizienten. Daraus kann man auf Unstetigkeiten und andere Singularitäten der Funktion schließen.

Die einfachste Variante, 2d-Wavelets zu erzeugen, sind tensorielle Wavelets, d. h., man nimmt zwei zulässige Mutterwavelets ψ_1 und ψ_2 und bildet das Produkt $\psi_1(x_1)\psi_2(x_2)$. ψ_1 kann gleich ψ_2 sein, muss es aber nicht. Beim Bild = Matrix von (Grau-)Werten kann man sich das so vorstellen, dass jeweils eine Wavelet-Transformation bzgl. der Zeilen bzw. Spalten vorgenommen wird. Die gesamte Transformation besteht dann aus vier Anteilen, einer groben Approximation (linke obere Ecke) und feinen Details horizontal, vertikal und diagonal. Analog wird nun wiederum die grobe Approximation zerlegt.

Im Beispiel Abb. 11 ist die Wavelet-Transformation zweimal angewandt worden. Um das Ausgangsbild zu erhalten, müsste man zur groben Approximation (linke obere Ecke), die drei benachbarten feinen Details addieren und dann die weiteren drei feinen Details. An diesem Beispiel sieht man auch die Datenkompression. Die grobe Approximation entspricht dem Originalbild, nur ist es jetzt kleiner, hat weniger Details (was man aber aufgrund der Kleinheit des Bildes nicht sieht) und benötigt weniger Speicher. Außerdem erkennt man, dass die feinen Details die Kanten im Bild ergeben und Wavelets deshalb auch zur Kantedetektion verwendet werden können. Die Signaleigenschaften können nun auf die Wavelettransformation übertragen werden, was zur monogenen Wavelet-Transformation führt.

In Abb. 12 sieht man einen Fingerabdruck und eine Waveletanalyse der Amplitude und der Orientierung desselben. Es sind nur die groben Approximationen angegeben.

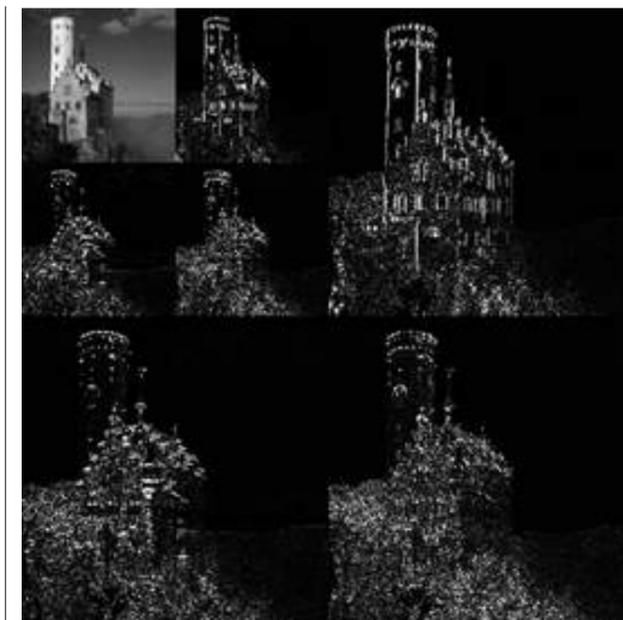


Abb. 11: Waveletzerlegung eines Bildes von Alessio Damato

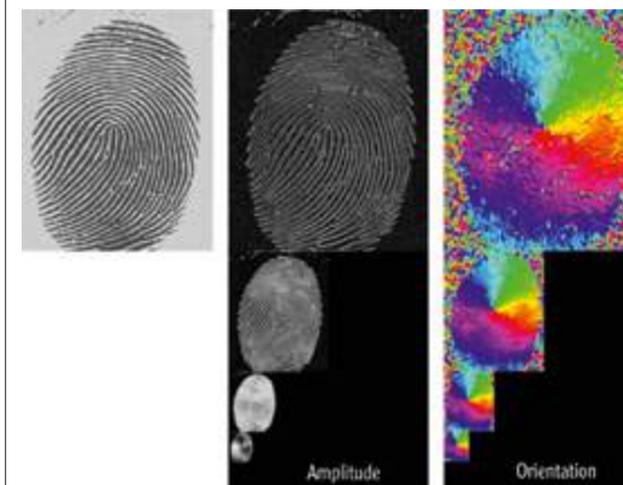


Abb. 12: Fingerabdruck, Waveletzerlegung der Amplitude und der Orientierung (erstellt mit ImageJ)

Danksagung

Als erstes möchte ich Frau Dr. Bettina Heise dafür danken, dass ich durch sie lernen konnte, wie man Mathematik in der Optik sehen kann. Durch die Zusammenarbeit mit ihr sind verschiedene Arbeiten zur Bild- und -verarbeitung entstanden, wobei wir die Themen schwerlich in Optik und Mathematik geteilt haben. Weiterhin möchte ich Herrn Dipl.-Math. Martin Reinhardt und Frau Kim Berude (hoffentlich bald Dipl.-Math.) für die Erstellung einiger hier verwendeter Bilder danken.

Literaturverzeichnis

- 1 M. Unser, D. Sage, D. Van De Ville, Multiresolution Monogenic Signal Analysis Using the Riesz-Laplace Wavelet Transform, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 18, no. 11, 2402–2418, 2009.
- 2 B. Heise, M. Reinhardt, S. Schausberger, S. Häuser, S. Bernstein, D. Stifter, Fourier Plane Filtering revisited – Analogies in Optics and Mathematics, Sampling Theory in Signal and Image Processing, vol. 13, no. 3, 231–248, 2014.
- 3 M. Felsberg, G. Sommer, The monogenic signal, IEEE Trans. on signal Processing, vol. 49(12), 3136–3144, 2001.
- 4 D. Gabor, Theory of communication. Part I: The analysis of information, Journal of the institution of Electrical Engineers – Part III: Radio and Communication Engineering, vol. 93(26), 429–441, 1946.
- 5 S. Bernstein, The Fractional Monogenic Signal, in S. Bernstein, U. Kähler, I. Sabadini, F. Sommen (eds.) Hypercomplex Analysis: New Perspectives and Applications, Trends in Mathematics, 75–88, 2014.

Neuregelung der Leasingbilanzierung – eine Herausforderung für die Unternehmen

Silvia Rogler

Einführung

Die bisherige Leasingbilanzierung bietet den Unternehmen bei bestimmten Vertragsbedingungen die Möglichkeit, Off-Balance-Sheet-Gestaltungen zu erreichen, d. h., weder den geleasteten Vermögenswert noch die mit dem Leasingvertrag verbundenen Verpflichtungen in der Bilanz ausweisen zu müssen. Stattdessen werden nur die fälligen Leasingraten als Aufwand erfasst. Diesem Vorteil für die Unternehmen steht der Nachteil für die Bilanzadressaten gegenüber, dass das dem Unternehmen zur Verfügung stehende Nutzungspotenzial und die mit dem Leasingvertrag verbundenen Verpflichtungen nicht aus der Bilanz ersichtlich sind. Zudem hängt die konkrete Bilanzierung von der jeweiligen Vertragsgestaltung ab, was die Vergleichbarkeit zwischen den Unternehmen und zwischen unterschiedlichen Finanzierungsformen einschränkt.

Um diese Probleme zu lösen, hat das International Accounting Standards Board (IASB) zusammen mit dem Financial Accounting Standards Board (FASB) 2006 ein Joint Project gestartet – mit dem Ziel, einen gemeinsamen Leasingstandard zu entwickeln, der dazu führt, dass alle Leasingverhältnisse beim Leasingnehmer bilanziell erfasst werden. Nach einem kontroversen Diskussionsprozess hat das IASB am 13. Januar 2016 *IFRS 16-Leases* veröffentlicht.² Ziel des neuen Standards ist es, dem Bilanzleser ein vollständiges Bild über alle Leasingaktivitäten des Unternehmens zu vermitteln und damit die Transparenz und Vergleichbarkeit der Abschlüsse zu erhöhen (IFRS 16.IN4, IFRS 16.BC3). Dies wird durch einen Paradigmenwechsel vom Risk-and-Rewards-Approach zum Right-of-Use-Approach (RoU) erreicht.

Infolge der geänderten Bilanzierungsvorschriften ergeben sich Auswirkungen auf die Bilanzanalyse und die Bilanzpolitik. Beispielsweise wird sich die Höhe von Kennzahlen, die Vermögens- oder

Verbindlichkeitsgrößen enthalten (wie Anlagenintensität, Fremdkapitalquote), verändern. Zudem werden bedeutsame GuV-Kennzahlen (wie EBIT und EBITDA) und darauf aufbauende Rentabilitätskennzahlen (wie Return on Investment) beeinflusst, da die mit den Leasingverhältnissen verbundenen Aufwendungen nach IFRS 16 anders erfasst werden als nach IAS 17. Die Bilanzadressaten müssen diese Veränderungen bei der Interpretation der Kennzahlen berücksichtigen, um zu einer zutreffenden Beurteilung der Unternehmen zu gelangen. Wenn diese Kennzahlen als Financial Covenants in Kreditverträgen verwendet werden, sind die entsprechenden Verträge zu überprüfen und ggf. anzupassen.³ Für die Unternehmen stellt sich die Frage, ob der Wegfall der bisherigen Möglichkeiten der Bilanzpolitik (durch die Klassifizierung als Finance oder Operating Leasing) durch andere bilanzpolitische Instrumente kompensiert werden kann. Auch wenn der Standard erst ab 01.01.2019 verpflichtend anzuwenden ist,⁴ sollten sich schon heute die Unternehmen mit den Neuregelungen beschäftigen, da sie, insbesondere beim Leasingnehmer, mit wesentlichen Änderungen verbunden sind.

Diese Fragen werden am Lehrstuhl für Rechnungswesen und Controlling der TU Bergakademie Freiberg im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte untersucht. Im vorliegenden Beitrag wird ein kurzer Überblick über die Neuregelungen gegeben. Dazu werden zunächst die Grundidee des neuen Ansatzes und der Anwendungsbereich von IFRS 16 vorgestellt und anschließend die geänderten Bilanzierungsvorschriften erläutert. Diese beziehen sich nur auf den Leasingnehmer, da sich die Bilanzierung

beim Leasinggeber grundsätzlich nicht geändert hat.⁵ Darauf aufbauend werden die Herausforderungen, die sich für die Unternehmen ergeben, thematisiert. Der Beitrag schließt mit einem kurzen Fazit.

Grundidee und Anwendungsbereich von IFRS 16

Als Leasing wird allgemein ein gesetzlich nicht geregelter Vertrag über die Vermietung und Verpachtung von beweglichen oder unbeweglichen Gütern durch Finanzinstitute (Leasinggesellschaften) oder die Hersteller der Güter bezeichnet.⁶ Nach IFRS ist ein Leasingverhältnis ein Vertrag, in dem ein zeitlich begrenztes Nutzungsrecht an einem Vermögenswert gegen Entgelt vermittelt wird (IFRS 16 Appendix A). Je nachdem, bei wem die Chancen und Risiken aus dem Vermögenswert liegen, wird zwischen Operating Leasing (Risiken und Chancen verbleiben beim Leasinggeber) und Finance Leasing (Risiken und Chancen werden auf den Leasingnehmer übertragen) unterschieden (IFRS 16 Appendix A).

Diese Unterscheidung bestimmt nach derzeitiger Rechtslage (IAS 17) die Bilanzierung. Bei Finance Leasing wird der Vermögenswert beim Leasingnehmer bilanziert (On-Balance-Sheet aus Sicht des Leasingnehmers), bei Operating Leasing beim Leasinggeber (Off-Balance-Sheet aus Sicht des Leasingnehmers). Der Leasingnehmer kann damit durch die Gestaltung des Leasingvertrags Bilanzpolitik betreiben. Aufgrund der zukünftig nach IFRS 16 bei allen Leasingverträgen vorgeschriebenen On-Balance-Sheet-Bilanzierung ergeben sich bei Unternehmen, die bislang Operating-Leasing-Verhältnisse und damit Off-Balance-Sheet-Gestaltungen präferiert haben, größere Veränderungen, die Einfluss auf bilanzielle Kennzahlen und damit

auf die Bewertung des Unternehmens am Kapitalmarkt haben.⁷ Gemäß einer Studie des IASB und FASB ist das Volumen bilanzneutraler Leasingverhältnisse besonders bei Fluggesellschaften, Einzelhandelsunternehmen sowie Unternehmen der Branche Reisen und Freizeit und – mit etwas Abstand – der Transportbranche hoch.⁸

Für den Leasinggeber sind die Auswirkungen geringer. Zwar gilt auch für ihn die Definition des Leasingverhältnisses nach IFRS 16.9, es bleibt aber bei der Klassifizierung in Finance und Operating Leasing (IFRS 16.61) und damit, von Detailfragen abgesehen, bei der bisherigen Bilanzierung.

Unter den neuen Standard fallen grundsätzlich alle Nutzungsüberlassungen von Vermögenswerten, wie Gebäuden, Kraftfahrzeugen und Maschinen, einschließlich Untermietverhältnisse und Sale-and-Lease-back-Transaktionen (IFRS 16.3, 16.98).⁹ Ein Leasingverhältnis liegt nach IFRS 16.9 vor, wenn der Vertrag das Recht einräumt, den Nutzen eines bestimmten Vermögenswerts über einen festgelegten Zeitraum gegen Entgelt zu kontrollieren. Damit kommt dem Control-Konzept eine besondere Bedeutung zu.¹⁰ Zusätzlich zur Definition hat das IASB Anwendungsrichtlinien erlassen, in denen Kernelemente einer Leasingvereinbarung geregelt sind (IFRS 16 Appendix B9 ff.). Dazu gehören die Identifizierbarkeit des zugrunde liegenden Vermögenswerts, das Recht auf Erhalt des diesem innewohnenden wirtschaftlichen Nutzens und das Recht, die tatsächliche Verwendung des Leasinggegenstands zu bestimmen.¹¹

7 Vgl. Bauer/Gallert, Die neue Leasingbilanzierung nach IFRS 16, in: WPg 2016, S. 321–327, S. 322.

8 Vgl. IASB, IFRS 16 Effects Analysis, S. 16; Lange/Müller, Neue Regeln für die Bilanzierung von Leasingverhältnissen, Teil 3, in: IRZ 2016, S. 215–217, S. 218.

9 Ausgenommen sind u.a. Leasingverhältnisse im Zusammenhang mit der Exploration von Bodenschätzen sowie der Lizenzierung von Intellectual Property (IFRS 16.3).

10 Dies kann bei eingebetteten Leasingverhältnissen, die bislang nach IFRIC 4 zu beurteilen sind, dazu führen, dass sie aus dem Anwendungsbereich der Leasingbilanzierung herausfallen. Vgl. Brune, Auswirkung der Neubegrenzung von Leasingverhältnissen nach IFRS 16 auf „embedded leases“ – weniger statt mehr Leasing in der Bilanz?, in: IRZ 2016, S. 119–124, S. 120.

11 Vgl. zur Definition eines Leasingverhältnisses Fischer, a.a.O. (FN 5), S. 58; Ganssaue/Klockmann/Alymov, Definition eines Leasingverhältnisses, in: WPg 2016, S. 735–742,

Bei kurzfristigen Leasingverträgen und Low-Value-Assets besteht ein Wahlrecht zur Anwendung von IFRS 16 (IFRS 16.5). Wenn sich das Unternehmen entscheidet, IFRS 16 nicht anzuwenden, sind die Leasingzahlungen i.d.R. linear über die Vertragslaufzeit zu verteilen (IFRS 16.6). Verträge mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften können aus Praktikabilitätsgründen zu einem Portfolio zusammengefasst werden (IFRS 16 Appendix B1).

Bilanzierung beim Leasingnehmer Erfassung in der Bilanz

Der Leasingnehmer muss ein Leasingverhältnis bilanzieren, sobald ihm der Leasinggeber einen Vermögenswert zur Nutzung überlässt (Commencement Date).¹² Anzusetzen sind einerseits die Leasingverbindlichkeit (passivisch) und andererseits das Nutzungsrecht am Leasingobjekt (aktivisch; IFRS 16.22). Es wird somit nicht der Leasinggegenstand selbst (z. B. als materieller Vermögenswert) bilanziert (wie früher beim Finance Leasing), sondern nur das Nutzungsrecht am Leasinggegenstand (RoU-Asset). Da ein Ansatz unabhängig davon zu erfolgen hat, ob Finance- oder Operating-Leasing vorliegt, erhöht sich durch die neuen Ansatzregelungen die Vergleichbarkeit zwischen den Unternehmen.

In der Bilanz sind Leasingverbindlichkeiten getrennt von den anderen Verbindlichkeiten und RoU-Assets getrennt von den anderen Vermögenswerten **auszuweisen** (IFRS 16.47). Damit ist, entgegen der bisherigen Praxis bei Finance-Leasing, für den Bilanzadressaten aus der Bilanz nicht ersichtlich, welche Art von Vermögensgegenstand das Unternehmen nutzen kann. Alternativ können Leasingverbindlichkeiten auch gemeinsam mit anderen Verbindlichkeiten und RoU-Assets gemeinsam mit gleichartigen nicht geleasteten Vermögenswerten ausgewiesen werden. In diesem Fall ist im Anhang zu erläutern, unter welchem Posten Leasingverbindlichkeiten bzw. RoU-Assets enthalten sind (IFRS 16.47). Hinzu kommen im Anhang weitere umfangreiche qualitative und quantitative Erläuterungen, z. B. zu

S. 735ff.; Lange/Müller, a.a.O. (FN 5), S. 112; Nemet/Heyd, Bilanzierung von Leasingverhältnissen nach IFRS 16, in: PIR 2016, S. 65–74, S. 67f.

12 Vgl. die Beispiele von Lange/Müller, Neue Regeln für die Bilanzierung von Leasingverhältnissen, Teil 2, in: IRZ 2016, S. 165–170, S. 167ff.; Lühn, Leasingbilanzierung nach IFRS 16, in: PIR 2016, S. 75–81, S. 77ff.

potenziellen variablen Leasingzahlungen, zu Verlängerungs- und Kündigungsoptionen oder zu Sale-and-Lease-back-Transaktionen (IFRS 16.51 ff.).¹³

Die **Erstbewertung** der Leasingverbindlichkeit erfolgt zum Barwert der künftigen Leasingzahlungen (IFRS 16.26 ff.). Diese umfassen alle fixen Leasingzahlungen, abzüglich sog. Lease Incentives, indexbasierte variable Leasingzahlungen¹⁴ sowie Zahlungen, die bei Restwertgarantien o.ä. werden berücksichtigt, wenn deren Ausübung hinreichend wahrscheinlich ist (IFRS 16.27). Zur Abzinsung ist der dem Leasingverhältnis zugrunde liegende Zinssatz (impliziter Zinssatz) heranzuziehen bzw., wenn dieser nicht verlässlich schätzbar ist, der Grenzfremdkapitalzinssatz des Leasingnehmers (IFRS 16.26). Der implizite Zinssatz ist der Zinssatz, bei dessen Verwendung der Barwert der Leasingraten zuzüglich nicht garantierter Restwerte dem Fair Value des Leasingobjekts einschließlich der anfänglichen direkten Kosten des Leasinggebers entspricht (IFRS 16, Appendix A). Vermutlich wird in der Praxis eher der Grenzfremdkapitalzinssatz zur Anwendung kommen, da der Leasinggeber bei Bekanntgabe des impliziten Zinssatzes indirekt seine Kalkulation offenlegen müsste.¹⁵ Das RoU-Asset ist zu Anschaffungskosten zu bewerten (IFRS 16.23). Diese beinhalten – neben dem Wert der zu passivierenden Leasingverbindlichkeit – auch bereits geleistete Leasingzahlungen, direkt zuordenbare Kosten sowie bestehende Wiederherstellungsverpflichtungen in Höhe der dafür gebildeten Rückstellung¹⁶ (IFRS 16.24). Diese Bewertungsvorschriften sind grundsätzlich mit den aktuellen Regelungen bei Finance Leasing vergleichbar, sie sind aber erheblich detaillierter.

Eine **Neubewertung** der Leasingverbindlichkeit wird erforderlich, wenn sich die Annahmen, die im Rahmen der Erstbewertung getroffen wurden, verändern, beispielsweise Annahmen zur Ausübung einer Kaufoption (IFRS 16.20 f.). Korrespondierend dazu ändert sich dann auch

13 Vgl. Lange/Müller, a.a.O. (FN 12), S. 167.

14 Andere variable Leasingzahlungen, z.B. Zahlungen, die vom Umsatz abhängig sind, werden dagegen erst erfasst, wenn sie anfallen (IFRS 16.BC169).

15 Vgl. Lange/Müller, a.a.O. (FN 12), S. 165.

16 Vgl. dazu Lüdenbach/Hoffmann/Freiburg (Hrsg.), Haufe IFRS-Kommentar, 12. Aufl., Freiburg 2014, § 21 Rz. 79ff.; Theile, in: Heuser/Theile, IFRS-Handbuch, 5. Aufl., Köln 2012, Rz. 1200ff.

1 TU Bergakademie Freiberg, Professur für Rechnungswesen und Controlling.

2 Das FASB hat den neuen Standard *ASU 2016-02 Leases (Topic 842)* am 25.02.2016 veröffentlicht.

3 Vgl. Thurow, Auswirkungen des IFRS 16 Leases auf Bilanzkennzahlen und Financial Covenants, in: IRZ 2016, S. 149–150, S. 150.

4 Eine frühere Erstanwendung ist für Unternehmen möglich, wenn sie bereits IFRS 15 anwenden (IFRS 16 Appendix C1). Für Unternehmen in der EU ist zudem Voraussetzung, dass die Regelungen im Rahmen des Endorsement-Prozesses von der EU übernommen werden.

5 Vgl. zur Bilanzierung beim Leasinggeber Fischer, Neue Leasingbilanzierung: IFRS 16 Leases, in: PIR 2016, S. 57–60, S. 60; Lange/Müller, Neue Regeln für die Bilanzierung von Leasingverhältnissen, Teil 1, in: IRZ 2016, S. 111–117, S. 115f.

6 Vgl. Horsch/Müller, Leasing, in: Gabler Bank-Lexikon, 14. Aufl., Wiesbaden 2012, S. 915–917, S. 915.

der Wert des RoU-Asset, so dass die Neubewertung erfolgsneutral ist.¹⁷ Dies gilt nur dann nicht, wenn das RoU-Asset bereits vollständig beschrieben ist. In diesem Fall müssen Anpassungen erfolgswirksam in der Gesamtergebnisrechnung erfasst werden (IFRS 16.39).

Unabhängig von einer ggf. erforderlichen Neubewertung ist die Leasingverbindlichkeit im Rahmen der **Folgebewertung** über die Vertragslaufzeit nach der Effektivzinsmethode aufzuzinsen und um die geleisteten Leasingzahlungen zu vermindern (IFRS 16.36). Die Folgebewertung des RoU-Asset erfolgt zu fortgeführten Anschaffungskosten (IFRS 16.29), d. h., es ist planmäßig über die Nutzungsdauer abzuschreiben. Sollte die Vertragslaufzeit kürzer sein, ist diese zu verwenden, es sei denn, es ist wahrscheinlich, dass der Vermögenswert am Ende der Vertragslaufzeit ins Eigentum des Leasingnehmers übergeht (IFRS 16.32). Zudem sind ggf. außerplanmäßige Abschreibungen gem. IAS 36 vorzunehmen (IFRS 16.33). Wenn sich das Unternehmen bei Investment Property gem. IAS 40 für die Fair Value-Bewertung entschieden hat, muss es diese auch für entsprechende RoU-Assets anwenden (IFRS 16.34). Zudem kann das Unternehmen für alle RoU-Assets, die der Kategorie „property, plant and equipment“ zuzuordnen sind, eine Bewertung zum Fair Value nach IAS 16 vornehmen (IFRS 16.35).

Bezogen auf die grundsätzlichen Auswirkungen auf die Bilanz ist die Leasingbilanzierung nach IFRS 16 mit der bisherigen Bilanzierung bei Finance Leasing vergleichbar, mit dem Unterschied, dass statt eines materiellen Vermögenswerts ein Nutzungsrecht bilanziert wird. Wesentliche Neuerung ist somit die Ausweitung auf alle Leasingverhältnisse, unabhängig von ihrer Klassifizierung.

Erfassung in der Gesamtergebnisrechnung

In der Gesamtergebnisrechnung sind die mit der Aufzinsung der Leasingverbindlichkeit verbundenen Zinsaufwendungen unter den Finanzierungsaufwendungen und die mit dem RoU-Asset verbundenen Abschreibungen unter dem entsprechenden Posten (Abschreibungen bzw. Herstellungskosten zur Erzielung der Umsatzerlöse) im operativen Ergebnis zu erfassen (IFRS 16.49). Dies entspricht dem bisherigen Vorgehen bei

17 Vgl. Nemet/Heyd, a.a.O. (FN 11), S. 69.

Finance-Leasing-Verhältnissen. Bei bislang als Operating Leasing klassifizierten Verträgen ergeben sich dagegen Unterschiede, da die Leasingraten, die sowohl den Wertverzehr des Vermögenswerts (Abschreibungen) als auch dessen Finanzierung (Zinsaufwand) beinhalten, hier vollständig im operativen Ergebnis erfasst werden. Somit verbessert sich nach IFRS 16 das operative Ergebnis. Bezogen auf die Summe der Aufwendungen kommt es zu einer Verlagerung zwischen den Perioden. Statt eines über die Perioden gleichmäßigen Aufwandsausweises (durch die konstanten Leasingraten) erfolgt nun eine degressive Aufwandsverteilung (durch den zu Beginn höheren impliziten Zinsanteil).¹⁸ Hinsichtlich der Periodisierung der Aufwendungen resultiert daraus eine Erhöhung der Vergleichbarkeit zwischen den Finanzierungsalternativen. Diesem Vorteil steht jedoch der Nachteil gegenüber, dass nicht die tatsächlichen Mittelabflüsse abgebildet werden.

Herausforderungen für die Unternehmen

Die neuen Bilanzierungsvorschriften führen vor allem beim Leasingnehmer zu einem hohen Aufwand, da grundsätzlich alle bestehenden Leasingverhältnisse zu untersuchen und ggf. neu zu bilanzieren sind.¹⁹ Durch den RoU-Ansatz und die damit verbundenen Herausforderungen an die Datenbereitstellung dürften auch Anpassungen in den Prozessen (z. B. Vertragsmanagement) und in der IT erforderlich werden.²⁰ Eine frühzeitige Auseinandersetzung mit den Neuregelungen ist deshalb zu empfehlen. Zudem müssen die Unternehmen Erfahrungen sammeln, wie mit der neuen Definition eines Leasingverhältnisses umzugehen, d. h., wie

18 Vgl. Bauer u.a., IFRS 16 Leases: Herausforderungen bei der Umsetzung und praktische Implikationen, in: KPMG Accounting News 02/2016, S. 2-8, S. 4; Gruber/Hartmann-Wendels, Leasing-Bilanzierung nach IFRS 16 – ein guter Kompromiss, in: FLF 2016, S. 46-52, S. 50.

19 Das Unternehmen kann zur Vereinfachung auf eine Neuüberprüfung der Definitionskriterien verzichten und bestehende Verträge entsprechend der bisherigen Klassifizierung als Leasingverträge einstufen, muss diese Option dann aber für alle Alt-Vereinbarungen anwenden (IFRS 16 Appendix C3f.).

20 Vgl. Adolph/Rischar, Der Neue Leasingbilanzierungsstandard IFRS 16 Leases ist veröffentlicht – was nun?, in: IRZ 2016, S. 57-58, S. 58; Bauer u.a., a.a.O. (FN 18), S. 6; Lange/Müller, a.a.O. (FN 8), S. 219; Nemet/Heyd, a.a.O. (FN 11), S. 72f.

das Control-Prinzip konkret auszulegen ist.²¹ Es entfällt zwar teilweise das Problem, zwischen Finance und Operating Leasing zu differenzieren, dafür müssen aber nun Leasingverhältnisse, die nach dem RoU-Ansatz zu bilanzieren sind, von Dienstleistungsverhältnissen, die weiterhin als schwebende Geschäfte eingestuft werden, abgegrenzt werden.²²

Besonderes Augenmerk sollte auf die Veränderungen wesentlicher Finanzkennzahlen gelegt werden, die sich ergeben, wenn bislang vor allem Operating-Leasing-Verhältnisse vorlagen.²³ Bilanzkennzahlen werden sich tendenziell verschlechtern, z. B. Anlagenintensität (höheres langfristiges Vermögen), Verschuldungsgrad (höhere Verbindlichkeiten), Liquiditätsgrade (höhere kurzfristige Verbindlichkeiten), Performance- und Rentabilitäts-Kennzahlen sich dagegen verbessern, z. B. EBIT, EBITDA, Return on Investment (höheres operatives Ergebnis).²⁴ Ferner ist von einer Erhöhung des Cashflow aus betrieblicher Tätigkeit (in Höhe der Leasingraten) und einer Verminderung des Cashflow aus Finanzierungstätigkeit (in Höhe des Tilgungsanteils der Leasingraten) auszugehen. Damit könnten Änderungen der bisherigen Leasing- und Finanzierungsstrategie erforderlich werden,²⁵ insbesondere, wenn Unternehmen aus bestehenden Kreditverträgen zur Einhaltung von Financial Covenants verpflichtet sind.

Da sich beim Leasinggeber die Bilanzierung nicht grundlegend ändert, ist bei der Aufstellung des eigenen Jahresabschlusses, von erweiterten Anhangangaben abgesehen (IFRS 16.89 ff.), kein höherer

21 Vgl. zu Praxisbeispielen Ganssaue/Klockmann / Alymov, a.a.O. (FN 11), S. 737ff.

22 Vgl. dazu Gruber / Hartmann-Wendels, a.a.O. (FN 18), S. 47f.

23 Vgl. Heyd/Ruchti, On-Balance-Leasingbilanzierung nach dem Right-of-Use-Ansatz (IFRS 16) – Auswirkungen auf Finanzkennzahlen in der Logistik- und Transportbranche, in: IRZ 2015, S. 493-501, S. 494ff.; Nemet/Heyd, a.a.O. (FN 11), S. 73; Thurow, a.a.O. (FN 3), S. 149.

24 Inwieweit diese Auswirkungen langfristig sind, muss sich in der Praxis zeigen. Rieg/Heyd (Auswirkungen des ED/2013/6 zur Leasingbilanzierung nach IFRS auf Pro-Forma-Kennzahlen, in: KoR 2015, S. 408-417) kamen bei ihrer Simulation für MDAX-Leasingnehmer zum Ergebnis, dass die Auswirkungen vor allem zu Beginn auftreten und sich dann wieder abschwächen. Dabei ist aber zu beachten, dass die von den Autoren zugrunde gelegten Regelungen des Exposure Draft nicht mit der Endfassung des Standards identisch sind.

25 Vgl. Bauer u.a., a.a.O. (FN 18), S. 7.

Aufwand zu erwarten. Dieser kann sich aber dadurch ergeben, dass er dem Leasingnehmer eine Reihe von Daten bereitstellen muss, beispielsweise Schätzungen bei indexbasierten Zinssätzen.²⁶ Positive Effekte entstehen, wenn es ihm gelingt, durch innovative Vertragsgestaltungen neue Kunden zu gewinnen.²⁷

Fazit

Mit der konzeptionellen Neugestaltung der Leasingbilanzierung wurden vom IASB verschiedene Ziele verfolgt.

Das Ziel, alle Leasingverhältnisse in der Bilanz des Leasingnehmers abzubilden (IFRS 16.IN4), wurde erreicht. Die bislang für den Leasingnehmer bestehende bilanzpolitische Möglichkeit, durch Off-Balance-Sheet-Gestaltungen die Bilanzstruktur zu beeinflussen, entfällt. Dem höheren Informationsgehalt des Jahresabschlusses stehen aber auf Seiten des Leasingnehmers ein erhöhter Aufwand und damit erhöhte Kosten gegenüber. Die zur Senkung der Kosten eingeführten Erleichterungen und Wahlrechte schaffen neue bilanzpolitische Gestaltungsspielräume und schränken somit den Aussagegehalt des Jahresabschlusses wieder ein.

Die im Rahmen des Entstehungsprozesses diskutierte einheitliche Bilanzierung beim Leasingnehmer und Leasinggeber wurde aus Kosten-Nutzen-Überlegungen nicht realisiert (IFRS 16.BC 57). Stattdessen findet eine asymmetrische Bilanzierung statt, da beim Leasinggeber weiterhin zwischen Finance und Operating Leasing differenziert wird, beim Leasingnehmer dagegen nicht. Dies führt beim Operating Leasing dazu, dass sowohl das Nutzungsrecht am Vermögenswert (beim Leasingnehmer) als auch der Vermögenswert selbst (beim Leasinggeber) bilanziert werden.

Das vom IASB und FASB zu Beginn des Joint Project verfolgte Ziel, eine einheitliche Bilanzierung nach IFRS und US-GAAP zu erreichen, wurde nicht vollständig erreicht, da im Detail Unterschiede bestehen (IFRS 16.IN8).²⁸

Es ist festzuhalten, dass sich durch die konzeptionelle Neugestaltung der Leasingbilanzierung die Vergleichbarkeit und Transparenz der Jahresabschlüsse erhöhen. Inwieweit dies insgesamt zu einer Verbesserung führt, muss die praktische Umsetzung zeigen.

26 Vgl. Bauer/Gallert, a.a.O. (FN 7), S. 326ff.

27 Vgl. Bauer u.a., a.a.O. (FN 18), S. 8.

28 Vgl. Gruber/Hartmann-Wendels, a.a.O. (FN 18), S. 50.

Chemische Sensoren für die Industrie 4.0

Frederic Güth, Pal Arki, Yvonne Joseph*

Das Schlagwort „Industrie 4.0“ ist in aller Munde. Unter diesem Sammelbegriff versteht man die voranschreitende Digitalisierung von Fertigungs- und Prozessketten unter Ausnutzung aktueller Informations- und Kommunikationstechnik. Das Ziel dieser Neuausrichtung ist – neben einer erhöhten Kosten- und Zeiteffizienz – vor allem auch eine hochflexible Ausrichtung von Produktionsprozessen, um individuelle Kundenwünsche realisieren und optimal auf volatile Marktbedingungen reagieren zu können. Dabei gilt es häufig, Fehler oder unerwünschte Veränderungen im Prozessablauf rechtzeitig zu erkennen und diesen entgegenzuwirken. In komplexen Fertigungsketten müssen dazu zukünftig die Kommunikation und die Auswertung von Daten zunehmend von den jeweiligen Anlagen selber – automatisch – durchgeführt werden, ohne dass ein Eingriff eines Menschen nötig ist [1].

Damit diese Vision der intelligenten Automatisierung flächendeckend Wirklichkeit werden kann, müssen den bislang passiven Systemen Möglichkeiten zur Interpretation ihrer Umwelt gegeben werden. Das technische Analogon zu den menschlichen Sinnesorganen sind Sensoren. Diese sind bereits heute nicht mehr aus unserem Leben wegzudenken und erfahren eine exponentiell zunehmende Verbreitung, nicht zuletzt wegen ihrer voranschreitenden Miniaturisierung und der damit verbundenen Kostenreduktionen.

Prinzipiell zu unterscheiden ist zwischen physikalischen und chemischen Sensoren. Im alltäglichen Leben (z. B. Mobiltelefon), aber auch mit der ersten Welle der Digitalisierung im Bereich der Industrie 4.0 kommen bislang vor allem physikalische Sensoren zum Einsatz, um beispielsweise Temperatur, Druck, Beschleunigung und die Lage im Raum zu detektieren.

Chemische Sensoren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Gasen und Flüssigkeiten sind weniger verbreitet, was primär an ihrer begrenzten Lebensdauer und den deutlich komplexeren Gegebenheiten in der zu untersuchenden Matrix liegt. Dementsprechend liegt die Entwicklung von robusten, miniaturisierten und

kostengünstigen chemischen Sensoren momentan im Fokus der Wissenschaft.

Ein Beispiel dafür, wie chemische Sensoren zu einem ressourcenschonenden und effizienten Betrieb von Produktionsanlagen beitragen können, ist das Online-Monitoring von wasserbasierten Kühlschmierstoffen (KSS) für spangebende Bearbeitungsverfahren. Diese Betriebsstoffe dienen der Schmier-, Kühlung und Spanentfernung durch Spülung sowie dem Korrosionsschutz von Anlagen und Werkzeugen [2].

KSS sind komplex zusammengesetzte flüssige Medien, die speziell auf die jeweiligen Anwendungsfälle zugeschnitten sind. Normalerweise werden sie bei Verwendung in industriellen Anlagen wiederverwendet und deshalb kontinuierlich umgepumpt. Über längere Zeiträume kommt es dabei aber unweigerlich zu einer Degradation des KSS durch den Eintrag von Fremdstoffen und den Austrag von Inhaltsstoffen durch Verdunstung oder Zersetzung. Die Folge ist ein Funktionsverlust, der zu einer Zunahme des Verschleißes und zu einer Beeinträchtigung der Prozessergebnisse führt. Werden bestimmte Grenzwerte überschritten, muss der KSS ausgetauscht werden, was entsorgungstechnisch problematisch und für den Betreiber sehr teuer ist. Es gibt Schätzungen, wonach allein in Deutschland die KSS-Entsorgung 1 Million Tonnen Sonderabfälle verursacht (2013, VW-AG).

Es stellt sich also die Frage nach einer Lösung des Problems, die KSS möglichst lange in ihrem optimalen Betriebsfenster zu halten und dabei ihrer Degradation entgegenzuwirken. Dies geschieht, indem verbrauchte Inhaltsstoffe nachgeführt werden, um Verluste zu kompensieren. Dieses Vorgehen erfordert eine möglichst exakte Überwachung des KSS online in der Anlage mittels geeigneter Sensoren.

Eine wichtige Messgröße für die Einschätzung des Zustands von KSS ist der pH-Wert. Zur Minimierung von Korrosion und zur Hemmung unerwünschter mikrobiologischer Prozesse wird dieser durch die Zugabe von basischen Additiven auf den Bereich von 8,7 bis 9,3 eingestellt. Die Degradation von KSS äußert sich

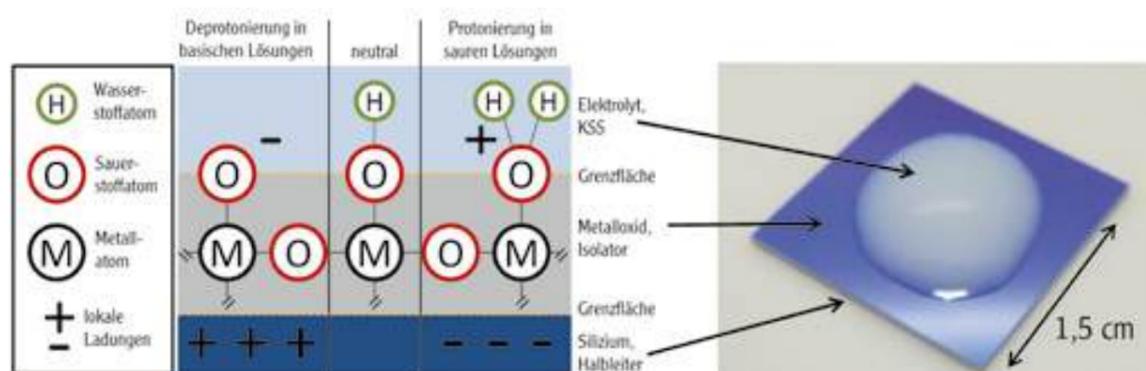


Abb. 1: Links: Schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen feldeffektbasierten pH-Sensor. Durch chemische Wechselwirkung der Protonen mit der Metalloxidschicht kommt es an der Grenzfläche zur Protonierung oder Deprotonierung von Hydroxyl-Gruppen und zur Ausbildung eines Oberflächenpotenzials. Dieses führt im darunter liegenden Silizium-Substrat (ähnlich wie bei einem Plattenkondensator) zu einer Veränderung der Ladungsträgerverteilung, die elektrisch ausgelesen werden kann und ein dem pH-Wert des Elektrolyten proportionales Signal liefert. Rechts: Fotografische Aufnahme eines Ta₂O₅ pH-Sensors, benetzt mit einem Tropfen KSS

generell mit einer Abnahme des pH-Werts, der somit ein wichtiger Indikator für den Gesamtzustand des KSS ist [2]. Aktuell werden vor allem Glaselektroden und Indikatorpapier für die Überwachung des pH-Werts in KSS eingesetzt. Diese sind aber nur begrenzt für eine automatisierte und kontinuierliche Datenaufnahme, wie sie für intelligente Systeme vonnöten ist, geeignet. Eine Alternative hierzu, an der am Institut für Elektronik- und Sensormaterialien geforscht wird, sind feldeffektbasierte pH-Sensoren [3]. Diese Sensoren sind mechanisch robust und im Vergleich zu konventionellen Glaselektroden leichter zu warten und zu reinigen. Zudem können sie mit gängigen Verfahren der Halbleitertechnik gefertigt werden, sodass eine Miniaturisierung und ihre Integration in smarte Sensorsysteme möglich ist.

Feldeffektbasierte pH-Sensoren bestehen im einfachsten Fall aus einer dünnen Metalloxidschicht, die auf ein Siliziumsubstrat aufgebracht ist, wie in Abb. 1 gezeigt. Ihr Wirkprinzip beruht auf der Wechselwirkung des KSS mit oberflächennahen amphoteren Hydroxylgruppen der pH-sensitiven Metalloxidschicht des Sensors, die die Ausbildung eines vom pH-Wert abhängigen Oberflächenpotenzials hervorruft [4]. Dieses Potenzial beeinflusst die Ladungsträgerverteilung in der Halbleiterschicht (ähnlich wie bei einem Plattenkondensator), was bei Verwendung entsprechender Schichtstapel in ein dem pH-Wert direkt proportionales elektrisches Signal gewandelt werden kann. Die Auswahl des Sensormaterials richtet sich primär nach der optimalen Oberflächen-OH-Gruppendichte, die eine hohe Empfindlichkeit garantiert sowie nach der chemischen Beständigkeit des gewählten Metalloxids in der jeweiligen Anwendung.

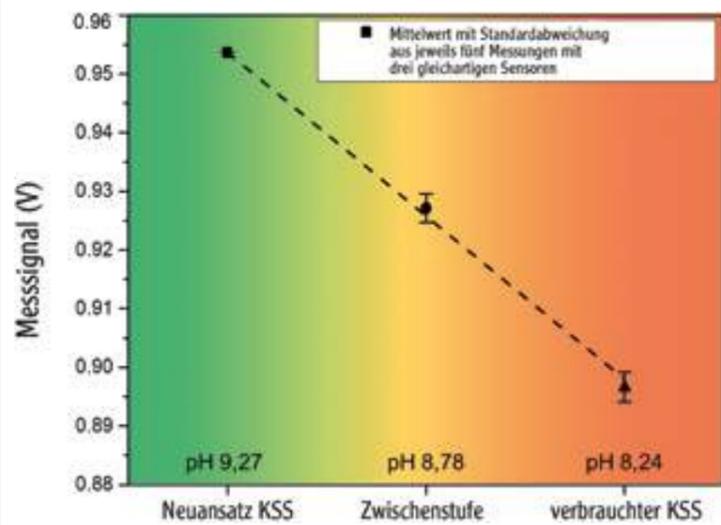


Abb. 2: Linearer Zusammenhang des Sensorsignals mit dem pH-Wert und damit dem Degradationszustand eines KSS

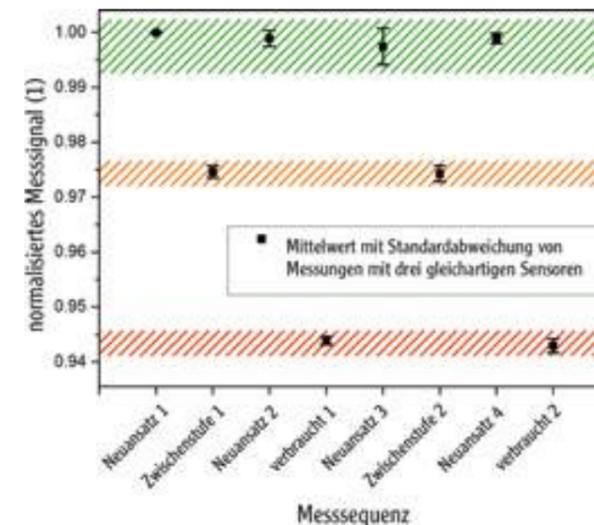
Es ist bekannt, dass Tantalpentoxid (Ta₂O₅) als pH-sensitive Schicht sehr gute Eigenschaften zeigt. Davon ausgehend wurden mit Ta₂O₅ beschichtete Proben in einen Messaufbau integriert, der das Auslesen der elektrischen Antwort des Sensors auf den Kontakt mit verschiedenen gealterten KSS-Proben erlaubt. Das Ziel der Versuche war, herauszufinden, ob die so hergestellten feldeffektbasierten pH-Sensoren in der Lage sind, den Degradationszustand der KSS-Proben zuverlässig zu unterscheiden und folglich für die kontinuierliche Überwachung von Kühlschmierstoffen verwendet werden können. Dazu wurden zunächst drei Ta₂O₅-Sensoren nacheinander einem frischen KSS, einer Alterungszwischenstufe beim Einsatz und einem durch Degradation unbrauchbaren KSS ausgesetzt. An jedem Punkt wurden fünf Messungen durchgeführt. Die in Abb. 2 dargestellten Messergebnisse zeigen, dass

der erwartete lineare Zusammenhang zwischen der Alterungsstufe bzw. sinkendem pH-Wert und Sensorsignal besteht. Des Weiteren ist eine sichere Unterscheidbarkeit der KSS-Proben durch die gute Wiederholbarkeit der Messung und eine geringe Streuung der Messergebnisse gegeben. Im oben beschriebenen Anwendungsfall würde einem langsamen Abdriften des pH-Werts im KSS-Reservoir mit der Zugabe von Additiven zur erneuten Einstellung des optimalen pH-Werts begegnet werden. Dementsprechend muss der Sensor in der Lage sein, auch auf alternierende pH-Sprünge korrekt zu reagieren. Um dies zu prüfen, wurde der Sensor gemäß der in Abb. 3 gezeigten Abfolge abwechselnd mit drei KSS-Proben umspült. Es ergeben sich drei Signalbereiche, die sich unter Berücksichtigung der Messtoleranzen klar und eindeutig voneinander unterscheiden lassen. Damit sind die an der

TU Bergakademie Freiberg hergestellten Sensoren für die Überwachung des pH-Werts von realen KSS-Proben prinzipiell geeignet.

Das hier beschriebene Messprinzip lässt sich durch Austausch oder Modifikation der sensitiven Schicht auch auf andere Ionen und molekulare Bestandteile von Lösungen ausweiten. Somit ist es perspektivisch vorstellbar, viele Sensoren auf einem Substrat in Form eines Arrays zu integrieren. Mit einem solchen Multi-Sensor, der auch durch physikalische Sensoren – z. B. zur Messung von Temperatur und Druck – ergänzt werden kann, wäre es möglich, den Zustand und die Zusammensetzung komplexer wässriger Medien zu untersuchen und zu überwachen. Daraus ergäbe sich eine Vielzahl von Anwendungen im Rahmen einer digitalisierten Industrie – nämlich überall dort, wo Grenzwerte eingehalten oder optimale Betriebsfenster nicht verlassen werden sollen und bislang noch Proben aus dem Prozess entnommen und im Labor untersucht werden müssen.

Abb. 3: Sensorantwort auf eine alternierende Variation des KSS-Zustands. Die drei verschieden stark gealterten Proben sind anhand des Messsignals klar zu unterscheiden.



Literatur

- 1 <http://bmwi.de/DE/Themen/Industrie/industrie-4-0.html>
- 2 Rave, A.; Joks, S.: Monitoring metalworking fluids. In: Astakhov, V. P.; Joks, S. (Hrsg.): Metalworking fluids (MWFs) for cutting and grinding, first ed., Woodhead Publishing, Cambridge, 2012, S. 317-337
- 3 Schöning, M. J.: "Playing around" with Field-Effect Sensors on the Basis of EIS Structures, LAPS and ISFETs. In: Sensors 5 (2005), Nr. 3, S. 126-138
- 4 Yates, D. E.; Levine, S.; Healy, T. W.: Site-binding Model of the Electrical Double Layer at the Oxide/Water Interface. In: J. Chem. Soc. Faraday Transactions 1 (1974), Nr. 70, S. 1807-1818

Fingerabdrücke und versteinerte Uhren – Isotope als Detektive in der Forschung

Marion Tichomirowa¹

Was sind Isotope?

... ist meine Frage in der ersten Vorlesung an die Studenten. Ja, und viele der Studenten können diese Frage richtig beantworten: Die meisten chemischen Elemente treten in Form unterschiedlicher Isotope auf. Deren Atomkerne unterscheiden sich nur durch die Anzahl der Neutronen (bei gleicher Protonen-Anzahl). Isotope eines Elements haben daher eine unterschiedliche Atommasse. Die jeweils charakteristische *Atommasseverteilung* können wir als „Fingerabdruck“ verwenden.

Einige Beispiele von Fingerabdrücken („Isotopengeochemie“)

Karbonatite – also magmatisch gebildete Karbonatgesteine („Karbonatschmelzen“) – unterscheiden sich in ihrer Isotopensignatur von hydrothermal und im Meer gebildeten Karbonatgesteinen. Außerdem verraten einige

Isotopensignaturen etwas über die Bildungsbedingungen dieser Gesteine (z. B. über die Entstehungstemperatur – via Sauerstoff-Isotopie). Andere Isotopenverhältnisse (z. B. bei Strontium, Neodymium, Blei, Hafnium) zeigen Mischungen von verschiedenen Karbonatitschmelzen an, die nur anhand solcher Relationen sichtbar gemacht werden können.²

Die Herkunft von Sulfaten in Wässern im Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ haben wir anhand von Schwefel- und Sauerstoff-Isotopen untersucht. Das im Wasser gelöste Sulfat stammt demnach aus mehreren Quellen: 1. aus der Oxidation der „Rest“-Sulfide, 2. aus dem im Boden gespeicherten Sulfat (das wahrscheinlich noch aus der Zeit der Braunkohleverbrennung stammt), 3. aus Abfallhalden (nur lokal³). Vermischungen von Wässern können sehr gut mittels der Strontium-Isotopie nachgewiesen werden (siehe Abb. 1).

Die Strontium-Isotopie von Zahnschmelz kann Aussagen zur Paläo-Ökologie und zum Migrationsverhalten (Meer/ Flüsse) von Haifischen, die vor mehreren hundert Millionen Jahren lebten, ergeben.⁴

Die Strontium-Isotopie von geothermalem Wässern aus der Bohrung Groß-Schönebeck zeigt an, dass diese Wässer fast 300 Millionen Jahre alte Porenwässer ihrer Wirtsgesteine sind, und dass sich diese Wässer nicht mit Porenwässern überlagernder Gesteine (z.B. aus dem Zechstein) gemischt haben (z.B. Regenspurg et al., 2016).

Was sind „versteinerte Uhren“?

Neben den stabilen Isotopen, gibt es Isotope, die radioaktiv zerfallen: während der Anteil des „Mutter-Isotops“ (z.B. ²³⁸Uran) mit der Zeit immer mehr abnimmt, wächst der des „Tochter-Isotops“ (z.B. ²⁰⁶Blei). Wenn Minerale derartige Mutterisotope einbauen, kann man am

¹ Kontakt: tichomir@mineral.tu-freiberg.de
² z. B. Tichomirowa et al., 2013
³ z. B. Tichomirowa et al., 2010

⁴ z. B. Fischer et al., 2013

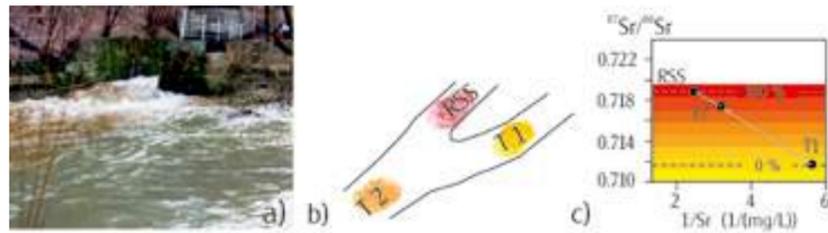


Abb. 1: Strontium-Isotope als Fingerabdruck. a) und b): Der Fluss Triebisch vor (T1) und nach (T2) dem Zufluss des Rotschönberger Stollens (RSS). c): Die Strontium-Isotopenverhältnisse $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dienen als Fingerabdruck und geben die Mischungsverhältnisse an: ungefähr 80 % des Strontiums von T2 stammt aus dem RSS. Während sich die Konzentration des Strontiums stark in Abhängigkeit von der Wassermenge (z.B. vom Niederschlag) ändern kann, bleiben die Strontium-Isotopenverhältnisse von der verschiedenen Wässer konstant und können daher als Fingerabdruck genutzt werden (verändert nach Tichomirowa et al., 2010).

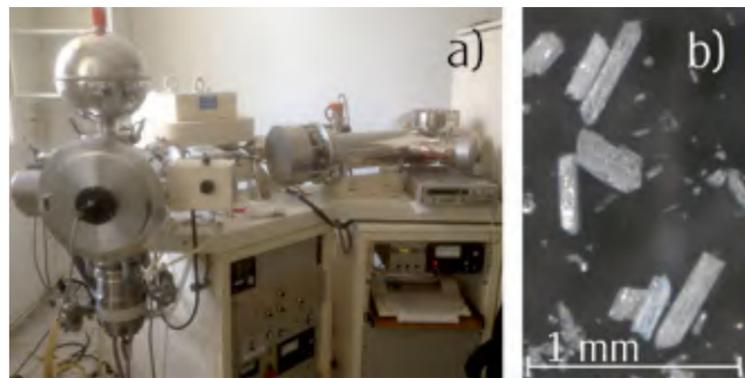


Abb. 2, a): Massenspektrometer MAT 262 zur Bestimmung von Isotopenverhältnissen im Freiburger Isotopenlabor. b): Zirkone dienen als „Uhren“ zur Angabe der Alter der Gesteine. Die Kristalle (hier weiß) sind in der Regel nur 0,1–0,4 mm lang, werden jedoch einzeln datiert. Für die hochpräzise „Schweizer“ geochronologische Uhr (mit Sekundentakt) müssen ausgewählte Kristalle einer Probe vorher im Ofen ausgeheizt und mit Chemikalien (u. a. Flusssäure) einzeln vorbehandelt werden, bevor die eigentliche Datierung beginnt.

„gealterten Zustand der Mutter“ und am „Wachstumsstand der Tochter“ das Alter des Minerals bestimmen; das wird in der Geochronologie genutzt (Mutter/Tochter = „versteinerte Uhren“).

Es gibt verschiedene geochronologische Datierungs-Methoden, die unterschiedliche Zerfallssysteme nutzen und zumeist an unterschiedlichen Mineralen Anwendung finden. Da Minerale unterschiedliche „Gedächtnis-Schwellen“ (*blocking temperatures*) haben, können sich einige von ihnen nur an die letzten Ereignisse „erinnern“, während andere ein „Langzeitgedächtnis“ besitzen. Zu letzteren gehört das Mineral Zirkon, das manchmal sogar einen Schmelzprozess überlebt und somit Informationen liefern kann – darüber, welches Gestein aufgeschmolzen wurde und wie alt dieses Gestein war, bevor es beispielsweise zum Granit umgewandelt wurde.

Die hochpräzise „Schweizer“ geochronologische Uhr

Nach der Anzahl der internationalen Publikationen ist das Mineral Zirkon das beliebteste Datierungs-Mineral. Es gibt jedoch verschiedene analytische Verfahren zur Bestimmung des Uran-Blei-Alters der Zirkone: Die meisten weisen einen Altersangabefehler von 2 bis 10 % auf. Nur die hochpräzise Einzel-Zirkon-Datierung, bei der das Alter an einzelnen Zirkon-Kristallen bestimmt wird, erreicht Fehler kleiner als 1 % (zumeist 0,1 %) und kann somit das Alter mehr als 10-fach genauer bestimmen. Im Unterschied zu

den anderen Zirkon-Datierungsmethoden gibt die hochpräzise Methode also auch den „Sekundentakt“ an, während sich die anderen Methoden auf die „Minutenangabe“ beschränken.

Da diese Methode sehr arbeits- und erfahrungsintensiv ist, wird sie weltweit von nur wenigen Laboren betrieben: in Europa derzeit nur in der Schweiz (ETH Zürich, Universität Genf) und jetzt auch im Freiburger Isotopenlabor (Abb. 2). Das dafür notwendige Erfahrungswissen holte ich mir während einer fünfmonatigen Gastprofessur an der ETH Zürich (Oktober 2014 bis Februar 2015) und an der Universität Genf.

Wozu „Sekundentakt“?

Oft reicht die „Minutenangabe“ zur Bestimmung von Gesteinsaltern. Wenn es jedoch darauf ankommt, den Ablauf kurz hintereinander ablaufender Ereignisse zu rekonstruieren, wird der „Sekundentakt“ benötigt. Zum Beispiel wird das Aussterben der Dinosaurier vor ca. 65 Millionen Jahren entweder mit einem großen Meteoriteneinschlag oder mit intensiven Vulkanausbrüchen erklärt, die beide zur ungefähr gleichen Zeit stattgefunden haben. Hier kann nur die hochpräzise Datierung (mit „Sekundentakt“) die Auskunft darüber liefern, in welcher Reihenfolge diese Ereignisse wirklich stattgefunden haben.

Das Freiburger Isotopenlabor möchte mit dieser hochpräzisen „Uhr“ auch die Reihenfolge der magmatischen Ereignisse datieren, die letztendlich zur Erzbildung im Erzgebirge geführt haben.

Wie wird man IsotopenforscherIn?

Nach dem Abitur in der DDR studierte ich fünf Jahre „Geochemie“ an der Staatlichen Universität Leningrad (heute St. Petersburg, Russland). Nach dem Diplom habe ich zunächst in Freiberg auf dem Gebiet der Braunkohlenerkundung und -bewertung gearbeitet, bevor ich 1984 wieder nach Leningrad zurückkehrte und dort an der Akademie der Wissenschaften in einem Isotopenlabor geforscht habe. Nach Deutschland bin ich erst nach der politischen Wende wieder übersiedelt. Seit 1993 leite ich das Freiburger Isotopenlabor am Institut für Mineralogie.

Literaturverzeichnis

- Fischer J., Schneider J. W., Voigt S., Joachimski M. M., Tichomirowa M., Tütken T., Götze J., Berner U. (2013): Oxygen and strontium isotopes from fossil shark teeth: Environmental and ecological implications for Late Palaeozoic European basins. *Chemical Geology* 342, 44–62.
- Regenspurg S., Feldbusch E., Norden B., Tichomirowa M. (2016): Fluid-rock interactions in a geothermal Rotliegend/Permo-Carboniferous reservoir (North German Basin). *Applied Geochemistry* 69, 12–27.
- Tichomirowa M., Heidel C., Junghans M., Haubrich F., Matschullat J. (2010): Sulfate and strontium source identification in water by O, S, Sr isotopes and their temporal changes (1997–2008) in the region of Freiberg, central-eastern Germany. *Chemical Geology* 276, 104–118.
- Tichomirowa M., Whitehouse M., Gerdes A., Götze J., Schulz B., Belyatsky B.V. (2013): Different zircon recrystallization types in carbonates caused by magma mixing: Evidence from U-Pb dating, trace element and isotope composition (Hf and O) of zircons from two Precambrian carbonatites from Fennoscandia. *Chemical Geology* 353, 173–198.

Kritische Rohstoffe aus zweiter Hand

Christiane Scharf¹

Seit drei Jahren lehre und forsche ich als Professorin für Metallurgie und Recycling der Hochtechnologiemetalle in Freiberg. Mein Team und ich setzen uns für einen nachhaltigen Umgang mit kritischen Metallen und anderen Industriemineralen ein. Wir erforschen neue Verfahren, um beispielsweise Produktionsabfälle zu reduzieren und die Wiederverwertung von Rohstoffen aus Altgeräten zu verbessern.



Prof. Christiane Scharf

Mitarbeiter und drei technische Angestellte. Wie gesellschaftlich relevant unsere Arbeit ist, zeigt auch der Deutsche Rohstoffeffizienz-Preis 2014, mit dem ein umweltfreundliches, zusammen mit der Firma Freiburger Compound Materials und der Bergakademie entwickeltes Verfahren zur Wiederverwertung von Galliumarsenid aus Fertigungswässern ausgezeichnet wurde. Der Preis wird jährlich durch das Bundesministerium für

Wirtschaft und Energie vergeben. Mit der Methode (Abb. 1, 2), entwickelt von Oliver Zeidler im Rahmen seiner Dissertation am HIF, lässt sich die Recyclingquote von Galliumabfällen von 45 auf 65 Prozent steigern, und dies mit geringerem Einsatz von Energie und Chemikalien. Damit kann die Industrie das kostbare Halbleitermaterial Galliumarsenid insgesamt effizienter für Elektronikbauteile und Solarzellen einsetzen.

Das innovative Verfahren steht auch für eine besondere Gruppe von Rohstoffen, die bei meinen Mitarbeitern und mir im

Schlacken, Schlämme, Stäube, Späne oder Abwässer – in der Mineralrohstoff- und Metallindustrie gibt es, technisch bedingt, viele Rückstände und damit auch eine große Menge bisher nicht genutzter Wertstoffe. Gemeinsam mit den wiederverwertbaren Stoffen, die in alten Elektrogeräten und sonstigen ausgedienten Produkten stecken, gelten sie inzwischen als wichtiger Hebel für das Erreichen einer maximalen Ressourceneffizienz in der Kreislaufwirtschaft. Um solche „Rohstoffe aus zweiter Hand“, auch sekundäre Ressourcen genannt, dreht sich die Arbeit meines Forscherteams.

Vor drei Jahren nahm ich die gemeinsame Berufung an die TU Bergakademie Freiberg sowie an das eng mit ihr kooperierende Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf an. Ich bin Professorin für Metallurgie und Recycling von Hochtechnologiemetallen am TU-Institut für Nichteisen-Metallurgie und Reinststoffe und leite die HIF-Abteilung Metallurgie und Recycling. Ich studierte Chemieingenieurwesen (Fachhochschule Münster/Burgsteinfurt und TU Clausthal), promovierte im Bereich Metallurgie (TU Clausthal) und erlangte mit der Habilitation (TU Clausthal) die *Venia legendi* für das Fach „Extraktive Metallurgie“. Zwischenzeitlich war ich bei der Recylex GmbH als Leiterin der Anwendungstechnik tätig.

Zu meinem Team am Helmholtz-Institut gehören derzeit vier wissenschaftliche

jährlich durch das Bundesministerium für

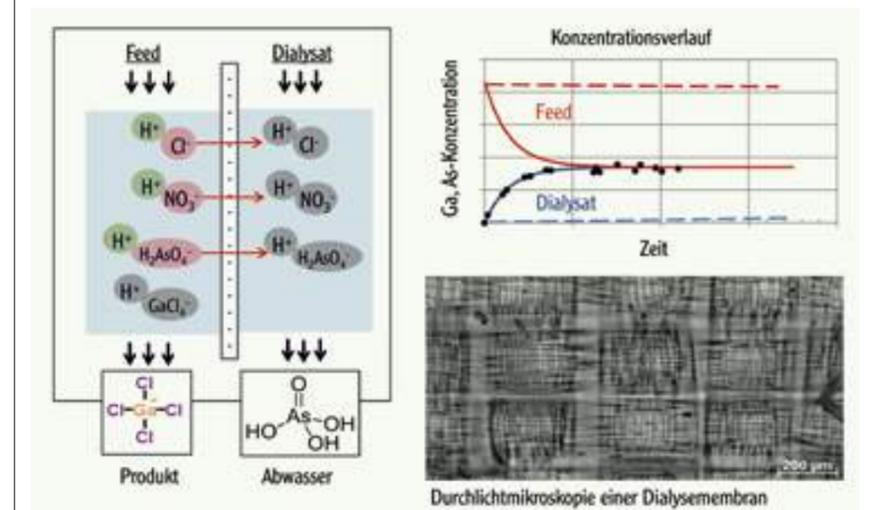


Abb. 1: Projekt zur Wiederverwertung von Galliumarsenid. Schematische Darstellung des Membrantrennverfahrens mit Auftrennung in Galliumchlorid und Arsensäure (links) sowie Darstellung der Konzentrationsverläufe über die Zeit (rechts oben)

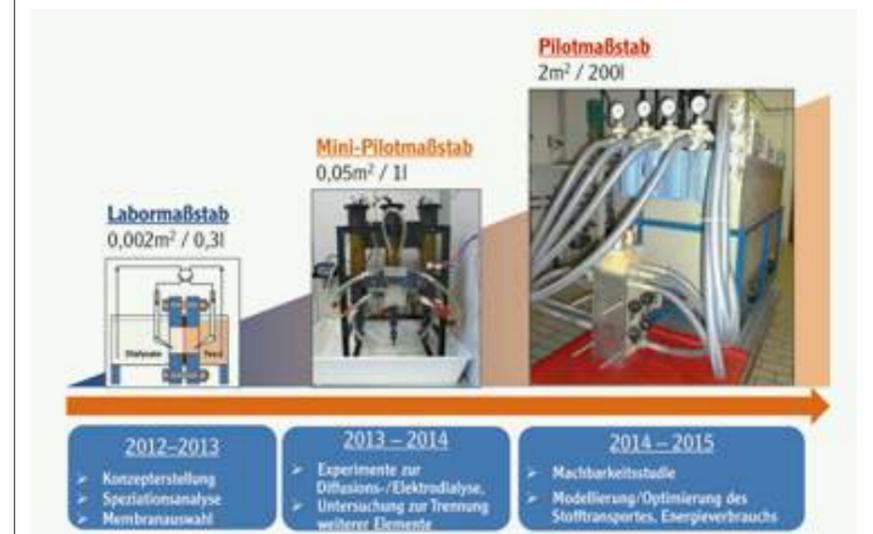


Abb. 2: Projekt zur Wiederverwertung von Galliumarsenid. Versuchsanordnungen für die technologische Umsetzung zur Verarbeitung von Prozessabwässern – vom Labor (300 ml) bis zur industriellen Anwendung (200 l)

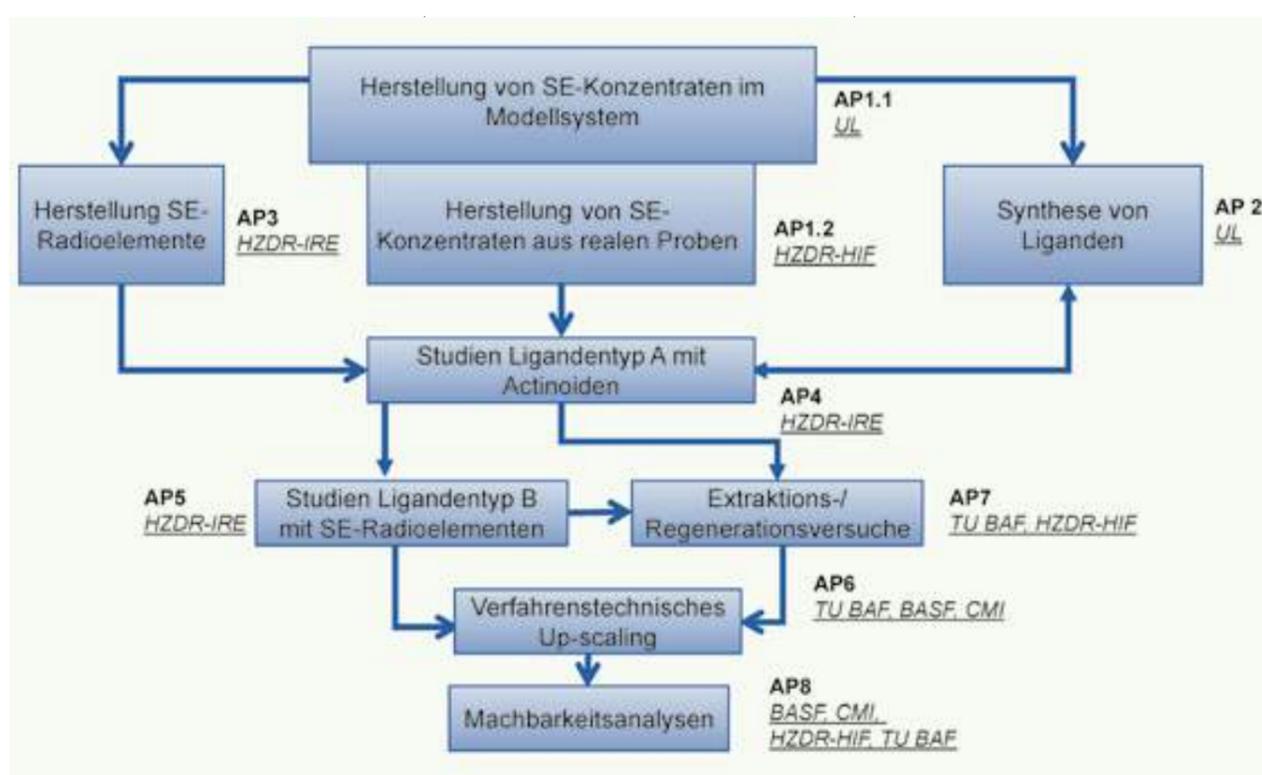


Abb. 3: Aufbau und Struktur des Projektverbunds SE-FLECX (Selective Solvent Extraction of Rare Earth Elements with Calixarene-based Tailored Agents). Das Projekt wird durch das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie koordiniert. Die Partner erforschen den Einsatz von Container-Molekülen, sogenannten Calixarenen, um die Elemente der Seltenen Erden aus natürlichen Erzen einfacher voneinander aufzutrennen. TU BAF = TU Bergakademie Freiberg; HZDR-IRE = Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf, Institut für Ressourcenökologie Leipzig; HDZR-HIF = Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie; UL = Universität Leipzig; BASF = BASF SE; CMI = CMI UVK GmbH

Mittelpunkt der Forschung stehen: die kritischen Metalle. Dazu zählt die Europäische Union aktuell 20 Elemente, darunter Gallium, Germanium, Indium oder die Seltenerdmetalle. Sie werden in nur wenigen Ländern produziert, sodass die EU erhebliche Risiken bei der Versorgung mit diesen Metallen sieht. Umso wichtiger ist ein effizienter Umgang mit diesen – eine Säule der europäischen Rohstoffinitiative. Ganz in diesem Sinne arbeiten wir derzeit an Verfahren zum Recycling von Theisenschlamm aus dem Mansfelder Hüttenprozess, um die darin enthaltenen Metalle Germanium und Rhenium zu extrahieren und zu verwerten, sowie an der Wiedergewinnung von Gallium, Indium und anderen Metallen sowie Industriemineralen aus Flugstäuben aus der Metallindustrie.

In einem anderen Projekt geht es um Entwicklung von alternativen Verfahren zur Aufbereitung von Seltenen Erden durch maßgeschneiderte chemische Verbindungen (Abb. 3).

Dem Recycling von Germanium aus Schrotten, die bei der Herstellung von Glasfaserkabeln anfallen, widmet sich ein weiteres Projekt.

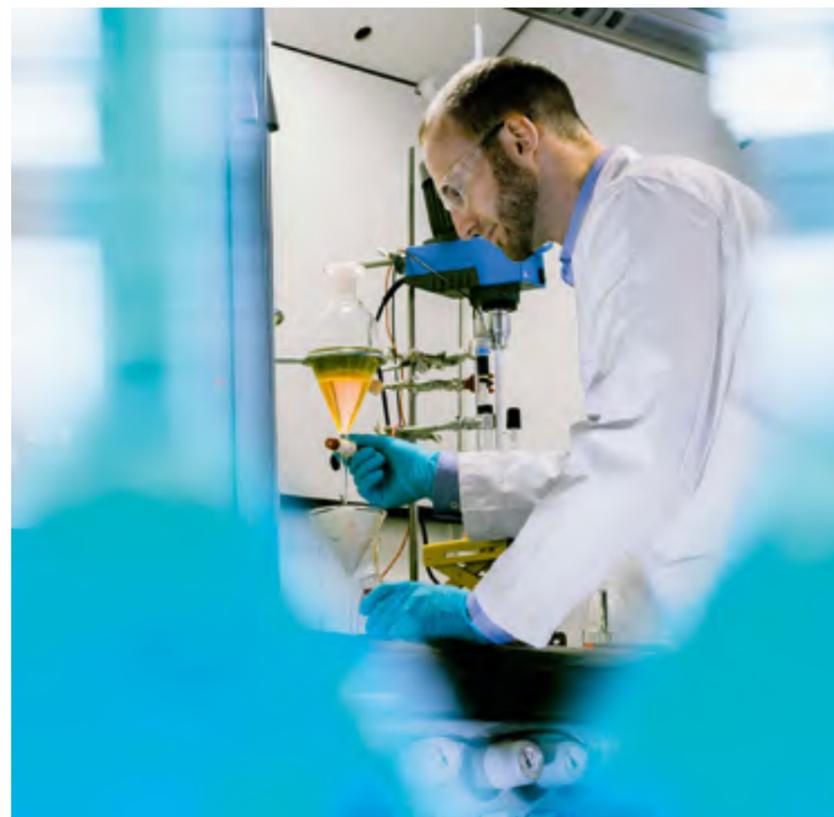


Abb. 4: Im Labor für Solvent-Extraktion wird untersucht, wie man Seltene Erden voneinander sowie von anderen Elementen abtrennen und dadurch wieder in den Rohstoffkreislauf zurückführen kann.

Erste Professorin am Institut für Eisen- und Stahltechnologie

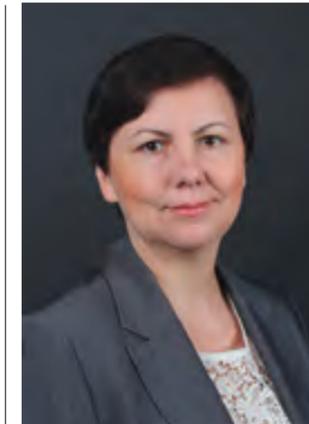
Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova übernahm zum 1. Oktober 2015 die Leitung des Instituts für Eisen- und Stahltechnologie an der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Sie ist damit die erste Professorin eines Instituts im Bereich der Metallurgie und der Stahlentwicklung.

Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova wurde 1973 in Dnepropetrovsk, Ukraine, geboren. 1990 absolvierte sie ihr Abitur an der Höheren Allgemeinbildenden Schule in Dnepropetrovsk. Da der Pate ihrer Schule das Hüttenwerk „Nishnedneprovskiy Truboprodukatsnyy zavod Karl Liebknecht“ war, kam sie schon während ihrer Schulzeit in Kontakt mit Siemens-Martin-Öfen, dem Pilgerschrittverfahren und der Konverter-Stahlherstellung. Sie entschied sich, „Wärmetechnik, Umweltschutz und Optimierung in der Metallurgie“ an der Staatlichen Metallurgischen Akademie der Ukraine in Dnepropetrovsk zu studieren. 1995 schloss sie ihr Studium mit der Diplomarbeit „Optimierung des Durchlaufofens für die Wärmebehandlung der Räder“ im Hüttenwerk „Nishnedneprovskiy Truboprodukatsnyy zavod Karl Liebknecht“ als Diplom-Ingenieur mit Auszeichnung ab.

1992 bis 1995 absolvierte sie auch ein Studium im Fach „Marketing“ an der Staatlichen Metallurgischen Akademie der Ukraine mit dem Abschluss als Wirtschaftsingenieurin.

In den darauffolgenden drei Jahren war sie als wissenschaftliche Assistentin am Lehrstuhl für Wärmetechnik an der Staatlichen Metallurgischen Akademie der Ukraine tätig. Ihr Arbeitsschwerpunkt war die Optimierung des Erwärmungsofens (Durchlauf- oder Kammerofen) mit Hilfe analytischer Optimierungsverfahren, Lösung der Fourier'schen Differentialgleichung unter nichtlinearen Randbedingungen.

1998 kam sie als Praktikantin zum ersten Mal an das Institut für Eisen- und Stahltechnologie der TU Bergakademie Freiberg und verteidigte hier 2003 ihre Dissertation mit dem Thema „Mathematische Modellierung und experimentelle Untersuchung der Schnellerstarrung von Stählen“ mit dem Prädikat „magna cum



Prof. Olena Volkova

laude“. Während ihrer Promotionszeit erarbeitete sie mehrere thermische Pfannenmodelle für das Stahlwerk in Eisenhüttenstadt und ein thermisches Modell eines Sauerstoffsensors für Ferrotron. Im Anschluss an ihre Dissertation war sie bis 2011 am Institut für Eisen- und Stahltechnologie als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig. Ihre Forschungstätigkeiten umfassten verschiedene Aspekte der metallurgischen Prozesstechnik sowie der Prozessmodellierung. Der Schwerpunkt lag auf der mathematischen und physikalischen Modellierung von thermischen, mechanischen, strömungsmechanischen, thermodynamischen und kinetischen Prozessen während der Stahlherstellung. Dabei verwendete sie nicht nur moderne kommerzielle Software, wie beispielsweise Fluent und FactSage, sondern programmierte auch selbst.

Parallel dazu stand sie im Austausch mit Wissenschaftlern der KTH Stockholm, des INSA Lyon, des IIT Kanpur, der AGH Krakau, der NMAU und der PSBA, Ukraine, des MISIS, Russland, und des Bergbauinstituts St.Petersburg. Im Rahmen von Forschungsprojekten arbeitete sie mit der ThyssenKrupp Steel Europe und der ThyssenKrupp Nirosta GmbH, aber auch mit anderen Stahlherstellern, wie Uddeholm Tooling AB, SSAB Oxelösund AB und ArcelorMittal, zusammen.

Die Resultate ihrer Forschungsarbeiten stellte sie bisher in 60 Veröffentlichungen und in 37 wissenschaftlichen Vorträgen in u. a. Deutschland, Belgien, Indien, Japan und den USA vor. Am Institut hatte sie

auch die Leitung des Strömungslabors inne. 2010 absolvierte Prof. Volkova einen Forschungsaufenthalt am IIT Kanpur in Indien. Im Rahmen ihrer Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin brachte sie sich auch in der Lehre ein, hielt Vorlesungen zu verschiedenen Themen, betreute Studentenarbeiten, leitete Praktika und organisierte Seminare mit internationaler Beteiligung, studentische Auslandsexkursionen sowie Sommerakademien für ausländische Studierende. Sie war als Gastdozentin für die VDEh-Stahlakademie tätig und hielt am Institut die Vorlesung „Modellierung metallurgischer Prozesse“, auch noch nach ihrer vormaligen Zeit in Freiberg. Im April 2011 wechselte sie zur ThyssenKrupp Steel Europe AG nach Duisburg und war Teamleiterin in der Abteilung Betriebsleitsysteme des Oxygenstahlwerks in Bruckhausen. 2014 erweiterte sich ihr Aufgabengebiet um die Optimierung der Regelwerke des Stahlwerks in Bruckhausen und Beeckerwerth. Der Schwerpunkt ihres Aufgabenbereichs lag bei der mathematischen Modellierung der Prozesse während der Stahlherstellung, speziell vom Roheisenkippen an bis hin zum Stranggießen.

Zum 1. Oktober 2015 wurde Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova zur Professorin für Eisen- und Stahltechnologie berufen. Mit den entsprechenden Lehr- und Forschungsgebieten hat sie sich in den vergangenen Jahren bereits vertraut gemacht.

Besondere Forschungsschwerpunkte liegen aktuell bei den thermophysikalischen Eigenschaften von Stahlschmelzen und Schlacken, der additiven Fertigung, dem Reinheitsgrad der Stähle und der Entfernung unerwünschter Begleitelemente aus der Stahlschmelze. Ihr derzeitiger Fokus gilt dem Aufbau des Instituts, der Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Forschungspartnern sowie der Ausbildung eines kompetenten Ingenieur Nachwuchses. Weitere Visionen auf dem Felde der Forschung beziehen sich auf die Kontrolle, Steuerung und Digitalisierung der praktizierten Stahlerzeugungsprozesse sowie auf die eventuelle Möglichkeit der Erzielung neuartiger Stahl-Analysen auf der Basis additiver Fertigung und neuer Erzeugungsverfahren.

Das Institut für Elektrotechnik – gestern und heute

Jana Kertzsch¹

Im Jahr des 250-jährigen Jubiläums der Bergakademie Freiberg – 2015 – beging das Institut für Elektrotechnik sein 85-jähriges Gründungsjubiläum. Grund genug, die Herausbildung des Fachgebietes hin zu einem eigenen Lehrstuhl und einem Institut zu reflektieren sowie im Vergleich die aktuelle Lehr- und Forschungslandschaft an diesem Lehrstuhl darzustellen.

Das ausgehende 19. Jahrhundert war geprägt von einer rasanten Entwicklung elektrotechnischer Geräte und Maschinen. 1881 fand in Paris die „Erste Internationale Elektrizitätsausstellung“ statt, begleitet vom „Ersten Internationalen Elektrizitätskongress“. Dort konnte man beispielsweise den ersten Dynamo von Zéno Gramme, das erste kommerzielle Telephon von Alexander Graham Bell oder das erste Elektroauto von Gustave Trouvé bestaunen.¹

Im gleichen Jahr führte Theodor Erhard, 1839 in Dresden geboren, Professor für Physik und darstellende Geometrie an der Bergakademie Freiberg, die Elektrotechnik als selbstständiges Lehrfach ein. Mit diesem Schritt vollzog er die Herausbildung der Elektrotechnik als neues Lehrgebiet aus der Elektrizitätslehre, einem Teilgebiet der Physik in klassischer Weise. In seiner Antrittsrede als Rektor der Bergakademie 1907 äußerte sich Theodor Erhard hierzu wie folgt: „An die Physik hat sich seit ungefähr 1880 ein ganz neuer Zweig der Technik die Elektrotechnik angeschlossen, die infolge der außerordentlich vollständigen Bearbeitung der Theorie schon im mittleren Teil des vorigen Jahrhunderts die uns allen bekannte rasche Entwicklung gezeigt hat. Ich habe dieses der Physik so nahe stehende Gebiet im Jahre 1881 als Lehrgegenstand an der Bergakademie eingeführt.“

Im deutschlandweiten Vergleich war die Freiburger Entwicklung absolut zeitgemäß, wenn man bedenkt, dass der erste Lehrstuhl für Elektrotechnik in Deutschland ein Jahr später, 1882, an der technischen Hochschule in Darmstadt mit Prof. Dr. Erasmus Kittler aus München besetzt wurde [1]. Die Einrichtung und Besetzung des Lehrstuhls geschah übrigens in einer Zeit, in der man mangels Studentenzahlen

über die Schließung der „Großherzoglich Hessischen Technischen Hochschule“ zu Darmstadt beriet [2]. Bis zur Einrichtung eines Lehrstuhls für Elektrotechnik in Freiberg sollten dann aber noch 30 Jahre vergehen.

Die Inhalte der ersten Vorlesungsreihe Elektrotechnik an der Bergakademie, die bald mit praktischen Übungen ergänzt wurden, sind heute noch gut nachzuvollziehen. Neben den Grundlagen „Die Maßeinheiten“, „Magnetismus und Induktion“, „Bestimmung des Wertes elektr. Größen“ wurden die Kapitel „Gleichstrommaschinen“, „Wechselströme und ihre Messung“, „Wechselstrommaschinen“, „Transformatoren“, „Elektrische Kraftübertragung durch Gleichstrom“ und „Elektrische Kraftübertragung durch Wechselstrom“ behandelt.

Theodor Erhard veröffentlichte den Inhalt seiner Vorlesung erstmalig 1897 im Buch „Einführung in die Elektrotechnik – Die Erzeugung starker elektrischer Ströme und ihre Anwendung zur Kraftübertragung“ [3]. Entsprechend dieser Quelle ist der inhaltliche Umfang der ersten Vorlesungsreihe vergleichbar mit dem der heutigen Lehrveranstaltung. Zwar sind die Kapitel „Gleichstrommaschinen“, „Wechselstrommaschinen“ und „Transformatoren“ heute Gegenstand einer separaten Vorlesung „Elektrische Maschinen und Antriebe“, allerdings vervollständigen nun die Kapitel „Elektrostatisches Feld“, „Schaltvorgänge“ und „Berechnung von Gleichstrom- und Wechselstromkreisen“ den Lehrstoff.

Im „Programm der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg für das 140. Studienjahr 1905–1906“ wurde der zeitliche Umfang der Elektrotechnik mit wöchentlich je zwei Stunden Vorlesung und zwei Stunden Praktikum angegeben. Das ergibt nach heutiger Nomenklatur über die zwei Semester in Summe acht Semesterwochenstunden (SWS), die damals länger dauernden Semester nicht berücksichtigt. Die derzeitige Elektrotechnikausbildung am Lehrstuhl ist deutlich differenzierter. Sie wird elf Studiengängen als „Einführung in die Elektrotechnik“ mit zwei SWS Vorlesung und einer SWS Übung, in Summe drei SWS, angeboten. Dabei deklarieren sechs der Studiengänge dieses Modul als Pflichtfach und fünf Studiengänge als Wahlpflichtfach. Die „Grundlagen



Abb. 1: Prof. Dr. Theodor Erhard, 1907–1909 Rektor der Bergakademie

der Elektrotechnik“ hören zehn Studiengänge mit einem Umfang von zwei SWS Vorlesung, einer SWS Übung und zwei SWS Praktikum, in Summe fünf SWS.

Für zwei dieser Studiengänge ist die Elektrotechnik ein Wahlpflichtfach. An dieser Gegenüberstellung wird die Herausforderung der heutigen Elektrotechnik-Ausbildung deutlich: Obwohl die Nutzung elektrotechnischer Geräte, sowohl in allen Lebensbereichen als auch im Berufsleben eines Ingenieurs in den letzten 135 Jahren stark zugenommen hat, bleibt für die Vermittlung der grundlegenden Funktionsweisen deutlich weniger Zeit als damals. Dabei spielt die Veranschaulichung der nicht sichtbaren elektromagnetischen Erscheinungen wie beispielsweise Strom, Spannung, elektromagnetisches Feld für das Verständnis eine wesentliche Rolle. In Zeiten der Virtualisierung der Praktika, vor allem in der Nebenfachausbildung, haben Freiburger Studierende der „Grundlagen der Elektrotechnik“ nach wie vor die Möglichkeit, die elektrotechnischen Phänomene und ihre Auswirkungen in der Realität selbst in einem Praktikum nachzuvollziehen: ein Qualitätsmerkmal der Lehre mit Tradition. 1902 wurde das erste Elektrotechnische Laboratorium in der Silbermannstraße auf Betreiben von Theodor Erhard genau zu diesem Zweck errichtet (s. Abb. 1 und 2).

In Vorbereitung auf die Emeritierung von Theodor Erhard wurde im Oktober 1911 der Lehrstuhl für Elektrotechnik an der Bergakademie eingerichtet. Georg Brion, 1873 in Straßburg geboren, übernahm diesen Lehrstuhl und wurde somit

der erste Professor für Elektrotechnik in Freiberg. Ein Jahr später, nach der Emeritierung Theodor Erhards im Oktober 1912 wurde er außerdem auf den Lehrstuhl für Physik berufen.

Georg Brion studierte an der Kaiser Wilhelm Universität zu Straßburg und der Universität Leipzig Naturwissenschaften und promovierte in Physik und Mathematik in Straßburg. Im Anschluss studierte er zwei Jahre Elektrotechnik am Eidgenössischen Polytechnikum Zürich, um schließlich 1898 erster Assistent am neu eingerichteten Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Dresden zu werden. 1907 wurde er dort mit dem Thema „Über die Erzeugung von NO-Gasen im Lichtbogen“ habilitiert. An die Bergakademie kam somit ein erstklassig ausgebildeter Privatdozent mit 13-jähriger Erfahrung in der Hauptfachausbildung von Elektroingenieuren sowie beim Aufbau des Neuen Elektrotechnischen Institutes der Hochschule Dresden. Sämtliche Aufgaben des Dresdner Elektrotechnischen Institutes, die „von einer großen Anzahl von Dozenten und Assistenten allmählich gearbeitet worden“ sowie „schematische Darstellungen der Maschinen und Apparaten“, die „in erster Linie vom Institutsdirektor, Geheimrat Prof. Görges angegeben“ sind, veröffentlichte Brion 1910 im 400-seitigen „Leitfaden zum Elektrotechnischen Praktikum“. Im Vorwort liest man weiter: „Über den Wert des Laboratoriums für das Verständnis der elektrischen Grunderscheinungen und für die Beherrschung der Probleme der Elektrotechnik ist man wohl allgemein der gleichen Ansicht.“ [4]

Mit großem Elan trat Georg Brion seine Freiburger Aufgabe an. So erweiterte er den Umfang der Allgemeinen Elektrotechnik auf zehn SWS, wobei diese nun aus einer dreistündigen Vorlesung und einem zweistündigen Starkstromlaboratorium über je zwei Semester bestanden. Für die Vorlesung hat er eine große Anzahl an Modellen und Demonstrationsapparaten von seinem langjährigen Assistenten Dr. Knoops und den beiden Mechanikermeistern L. und A. Jentsch anfertigen lassen. Dennoch haderte er mit den Freiburger Möglichkeiten: „Aus Zeitmangel sind Übungen im Entwerfen von einfachen elektrischen Apparaten oder von Anlagen, ferner das ganze Gebiet der Signal- und Schwachstromtechnik einstweilen zurückgestellt...“, und er wurde nicht müde, auf die Bedeutung der Elektrotechnik vor allem in der Ausbildung von Berg- und Hüttenleuten aufmerksam zu machen.



Abb. 2: Elektrotechnisches Laboratorium Silbermannstraße 1904



Abb. 3: Maschinenraum des elektrotechnischen Laboratoriums 1904

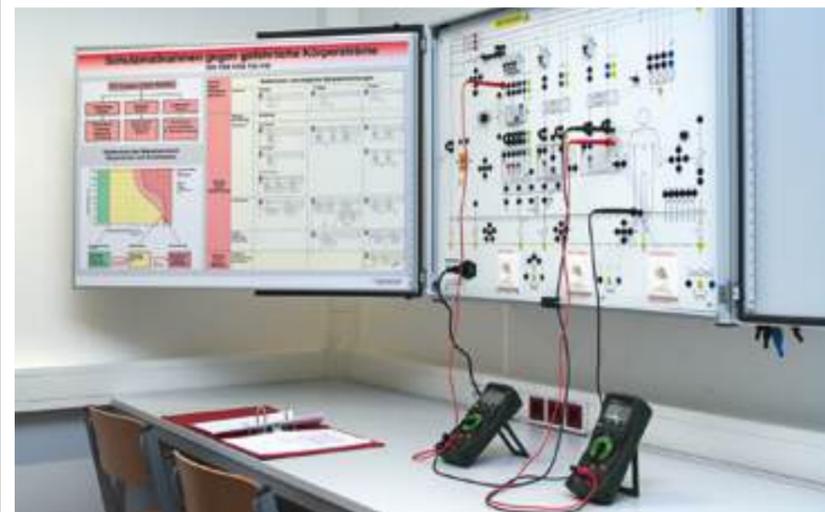


Abb. 4: Praktikum Elektrotechnik, Versuch Schutzmaßnahmen

¹ Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jana Kertzsch, Leiterin des Institutes für Elektrotechnik



Abb. 5: Prof. Dr. phil. habil. Georg Brion, 1924–1926 Rektor der Bergakademie

Einen Vortrag, gehalten 1923 in der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie [5], dem Vorgänger des Vereins „Freunde und Förderer der Bergakademie Freiberg e. V.“, begann er mit den Worten: „An höheren Lehranstalten, an denen keine Fachelektrotechniker ausgebildet werden, liegt in der Regel der Unterricht in der Elektrotechnik im Argen. Es fehlt fast überall an nötigen Hilfskräften, an geeigneten Räumen für Vorlesungen und Übungen, an Unterrichtsmitteln, sowie an der zur Bewältigung des Stoffes benötigten Zeit. Auch ist z. B. in den Prüfungsbestimmungen der Freiberg Bergakademie die Elektrotechnik sowohl für Berg- wie für Hüttenleute nur als Wahlfach angesetzt, ein Beweis dafür, daß deren Bedeutung nicht sehr hoch angeschlagen wird. Diese Tatsache ist zunächst um so weniger verständlich als gerade im Berg- und Hüttenbetrieb eine ganze Anzahl von Aufgaben vorkommen, die mit auf elektrotechnischem Gebiet liegen; man denke nur an die elektrische Förderung, an magnetische Aufbereitung oder an die Anwendung des Stromes zur Erzeugung hoher und höchster Temperaturen (elektr. Öfen, elektr. Schweißen).“ Aus dieser Formulierung der Defizite heraus lassen sich die großen Anstrengungen Brions für die Gründung eines eigenen Institutes und die damit einhergehende Erweiterung der räumlichen und personellen Kapazitäten nur zu gut erklären. 1930 war es dann soweit: Er gründete das Institut für Elektrotechnik und leitete es fortan als Direktor. Im gleichen Jahr gab er den Lehrstuhl für Physik an Carl Friedrich Gustav Aeckerlein ab.

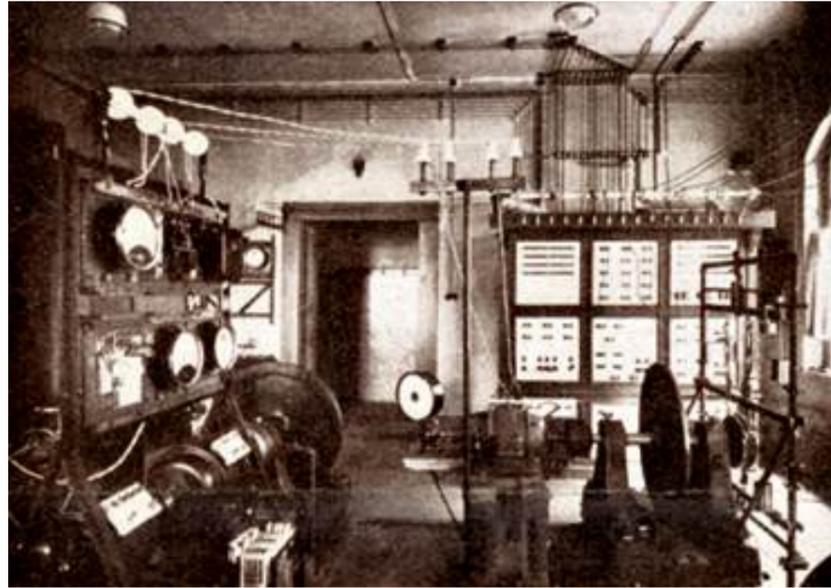


Abb. 6: Demonstrations-Förderanlage des Elektrotechnischen Laboratoriums 1926

Das Institut für Elektrotechnik erhielt eigene Räume in der Silbermannstraße 1 sowie eine Institutswerkstatt. Außerdem erweiterte Prof. Brion das Vorlesungsangebot um die Vorlesungen „Elektrotechnik im Bergbau“, „Elektrotechnik im Hüttenwesen“, „Elektrischer Antrieb von Fördermaschinen“ (s. Abb. 6 [6]) und „Elektrische Messkunde“.

Brion war bis zu seiner Emeritierung 1938 ständig bestrebt, das Institut dem wissenschaftlichen Fortschritt anzupassen. Er veröffentlichte zahlreich auf den Gebieten der elektrischen Messkunde, des Magnetismus und der Hochspannungstechnik. Nach dem plötzlichen Tod seines Nachfolgers Prof. Dr.-Ing. habil. Oskar Zdralek im Februar 1945 und der Entlassung des kommissarischen Direktors des Elektrotechnischen Institutes, Prof. Dr.-Ing. habil. Fredericus Knoops 1946, vertrat Brion erneut, bis zu seinem Tod 1950, den Lehrstuhl für Elektrotechnik. In dieser Zeit musste er mit ansehen, dass beinahe sämtliche in seiner Wirkungszeit gebauten Versuchs- und Demonstrationsanlagen im Rahmen der Reparationen 1945 demontiert worden. Das Institut für Elektrotechnik zählte zu den acht Instituten an der Bergakademie, die zur vollständigen Demontage vorgesehen waren.

Heute umfasst das Lehrangebot des Lehrstuhls neben den beiden Elektrotechnik-Modulen die Module „Messtechnik“, „Elektronik“, „Elektrische Messtechnik“, „Elektrische Energiewandler“, „Elektrische Maschinen und Antriebe“ und „Elektroenergiesysteme“.

An der Bergakademie wird auch heute

kein elektrotechnischer Studiengang angeboten, sondern sämtliche Lehrveranstaltungen werden als Lehrexport für die anderen Ingenieurstudiengänge durchgeführt. Damit gehen dem Lehrstuhl vor allem für die Forschung wichtige Elemente des wissenschaftlichen Arbeitens, wie beispielsweise studentische Abschlussarbeiten verloren. 2010, mit meiner Berufung auf den Lehrstuhl, habe ich deshalb eine Vertiefungsrichtung „Elektromobilität“ für den Studiengang Maschinenbau konzipiert, die seit 2011 mit Erfolg angeboten wird. Diese in Deutschland einmalige Verknüpfung eines Maschinenbaustudiums mit einem vertiefenden Studienangebot auf dem Gebiet der elektrischen Maschinen und Antriebe, besteht aus den Modulen:

- „Elektrische Maschinen – geregelte elektrische Antriebe I“, bestehend aus den Vorlesungen „Regelung elektrischer Antriebe I“ und „Theorie Elektrischer Maschinen“,
- „Elektrische Maschinen – geregelte elektrische Antriebe II“, bestehend aus den Vorlesungen „Regelung elektrischer Antriebe II“ und „Berechnung elektrischer Maschinen“,
- „Leistungselektronik“,
- „Messtechnik für elektrische Antriebe“ sowie
- „Einführung in die Elektromobilität“, bestehend aus den Vorlesungen „Energiespeicher“ und „Hybrid- und Elektroantriebe“.

Dieser Studiengang bildet sowohl den für die eigene Forschung benötigten wissenschaftlichen Nachwuchs als auch die



Abb. 7: Forschungssystemprüfstand für elektrische Traktionsantriebe des IET

von der Industrie dringend benötigten Ingenieure aus. Insbesondere die Kfz-Hersteller- und Zulieferer suchen diese Fachkräfte, denn durch die Elektromobilität haben sie eine Renaissance des Elektromaschinenbaus in Deutschland herbeigeführt.

Die heutigen drei Forschungsschwerpunkte „Analytische Auslegung und numerische Berechnung elektrischer Energiewandler“ (s. Bild 8), „Energiebilanzierung und thermische Modellierung elektrischer Energiewandler“ sowie „Regelung und Optimierung elektrischer Traktionsantriebe“ (s. Bild 7) fügen sich beinahe nahtlos in die 100-jährige starkstromtechnische Tradition des Lehrstuhls ein.

DIPLOMSTUDIENGANG MASCHINENBAU: VERTIEFUNGSRICHTUNG ELEKTROMOBILITÄT
Die Vertiefung **Elektromobilität** kombiniert Kenntnisse des Maschinenbaus mit denen der elektrischen Antriebstechnik und erschließt so das neue Berufsfeld „Elektrifizierung des Antriebsstrangs in Fahrzeugen“. Es werden vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Hybrid- und Elektroantriebskonzepte, Energiespeicher, Auslegung elektrischer Maschinen, Regelung elektrischer Antriebe, Leistungselektronik und Elektrowerkstoffe vermittelt.
→ <http://tu-freiberg.de/studium/studienangebot/maschinenbau-diplom>



Abb. 8: 3D-Verteilung der magnetischen Flussdichte in einer Transversalflussmaschine

Quellen

- 1 Centralblatt der Bauverwaltung, Herausgeber: Preußisches Finanzministerium, 1883.
- 2 J. Kreuzig: Erasmus Kittler 1852-1929 – Pionier der modernen Elektrotechnik.
- 3 Th. Erhard: Einführung in die Elektrotechnik – Die Erzeugung starker elektrischer Ströme und ihre Anwendung zur Kraftübertragung“ ; Verlag von Johann Ambrosius Barth Leipzig, 1897.
- 4 G. Brion: Leitfaden zum Elektrotechnischen Praktikum; B. G. Teubner Verlag, 1910.
- 5 G. Brion: Die Ergebnisse und Ziele des Elektrotechnischen Unterrichts an der Bergakademie zu Freiberg; Helios-Fachzeitschrift für Elektrotechnik, Leipzig, 19 (1923) 51.
- 6 G. Brion: Die Demonstrations-Förderanlage des Elektrotechnischen Laboratoriums der Bergakademie in Freiberg: Elektrizität im Bergbau, München, 1. (1926) 11.

Dieser Beitrag beruht auf zahlreichen Recherchen von M.A. Tom Gerisch, dem ich an dieser Stelle ganz herzlich danken möchte. – Die an dieser Stelle nicht aufgeführten Literaturquellen können bei der Autorin angefragt werden.



Eine Analyse der Bachelor- und Masterreform – die Ziele und ihre Umsetzung¹

Diana Grosse

A. Problemstellung

Im Zuge der Industrialisierung verdrängte die maschinelle die landwirtschaftliche Produktionsweise, was wiederum die Bedeutung von Wissen und Fähigkeiten der Menschen, die die Maschinen bedienen, erhöhte. Wissen und Fertigkeiten werden heutzutage in einem staatlichen Schulsystem erworben. Dieses System ist hierarchisch aufgebaut – dergestalt, dass elementare Kenntnisse auf der untersten Stufe vermittelt und von Stufe zu Stufe immer höhere Abstraktionsgrade erreicht werden. Die oberste Stufe bilden die Universitäten, auf denen theoretisches Wissen gelehrt wird. Das europäische Universitätssystem sollte nach einem Beschluss von 29 Bildungsministern, 1999 in Bologna gefasst, reformiert werden. Dieser Reform gilt dieser Artikel, der Untersuchungsergebnisse über die erhoffte bzw. mögliche Zielerreichung dieser Reform wiedergibt.

B. Merkmale der Reform

1. Die Vergleichbarkeit und die Verständlichkeit der Studiengänge der einzelnen europäischen Hochschulen sollen verbessert werden. Dem soll das „diploma supplement“ dienen, in dem die Inhalte des jeweiligen Studiengangs beschrieben werden, und das dem Abschlusszeugnis beigelegt wird.

2. Das Studium wird in zwei Zyklen eingeteilt. Im Zuge des ersten Zyklus, des Bachelor-Studiums (BA), kann nach sechs Semestern ein berufsqualifizierender Abschluss erworben werden. Im zweiten Zyklus, dem Master-Studium (MA), kann man sich dann im Laufe von vier Semestern Wissen auf einem Spezialgebiet aneignen.

3. Die Studiengänge werden modularisiert, so dass jede Vorlesung eine klar umgrenzte Einheit bildet, die mit einer Prüfung abgeschlossen wird.

4. Jeder Studiengang wird akkreditiert, d. h., dafür zugelassene Agenturen prüfen, ob der Studiengang die erforderliche Qualität hat.

C. Ziele der Reform

Drei Ziele sollten durch diese Reform erreicht werden:

1. Durch die Schaffung eines europäischen Hochschulraums soll die Wettbewerbsfähigkeit Europas erhöht werden, indem die Qualifikation der Studenten, insbesondere für den Arbeitsmarkt, verbessert wird. (Bologna-Erklärung 1999)
2. Die sozialen Schranken sollen abgebaut werden, so dass jeder Begabte die Möglichkeit eines Studiums hat.
3. Die regionale Mobilität der Studenten während des Studiums soll gefördert werden.

Die letzten beiden Ziele wurden auf einer Ministerkonferenz in Belgien in 2005 festgelegt.

D. Empirische Prüfung der Erreichung der drei Ziele

Das erste Ziel bzw. der Grad seiner Erreichung wurde durch eine Befragung von 635 Personalverantwortlichen von Unternehmen 2013/2014 überprüft. Die meisten der Praxisvertreter beurteilten die Reform als Verschlechterung gegenüber den Diplomstudiengängen und gaben dafür als Gründe an:

- Die neuen Studieninhalte sind zu wenig praxisnah.
- Die BA-Studenten besitzen zu wenig Fachwissen.
- Der Studienaufbau ist sehr intransparent.

Zur Prüfung des Grades der Realisierung des zweiten Ziels wird ein Indikator herangezogen, den die OECD im Bildungsbericht 2014 veröffentlichte.

Tab. 1: 20 bis 34-jährige Studierende im Tertiärbereich nach dem Bildungsstand der Eltern

Ausbildung Eltern	A	B	C
Deutschland (in %)	2	32	65
OECD-Durchschnitt (in %)	9	37	55

A: Eltern der Studenten haben einen Ausbildungsabschluss, der unterhalb des Sekundarbereichs II liegt. Sekundarbereich II entspricht der gymnasialen Oberstufe.

B: Eltern der Studenten haben einen Ausbildungsabschluss des Sekundarbereichs II.

C: Eltern der Studenten haben einen Universitätsabschluss.



Foto: TU Bergakademie Freiberg

Der Anteil deutscher Studenten aus bildungsfremden Milieus lag auch im Jahr 2014 mit 2% unter dem OECD-Durchschnitt von 9%. Die Bologna-Reform, begonnen 1999, hat demnach in diesem Punkt nichts Grundlegendes geändert. Es lassen sich dafür zwei Gründe nennen: Erstens wirkt die Prägung durch das Elternhaus stärker als erwartet. Zweitens fehlen Studenten aus sozial schwachen Elternhäusern die finanziellen Mittel zum Studium.

Zum Stand der Erreichung des dritten Ziels: Die vom DAAD in 2013 ermittelte Mobilitätsquote:

$$MQ = \frac{\text{Zahl der Studenten mit Auslandsaufenthalt}}{\text{Gesamtzahl der Studenten}}$$

wird hierfür herangezogen. Sie stieg nur leicht an, nämlich von 23 im Jahr 2007 auf 26% im Jahr 2013.

Von den dazu befragten Studenten werden die hohen Kosten eines Auslandssemesters, die mangelnde Anerkennung eines Moduls einer ausländischen Hochschule und der Zeitdruck im Studium an der Heimatuniversität als Barrieren gegen ein Auslandssemester genannt.

E. Zusammenfassung

Wie oben dargelegt, konnten die durch die Bologna-Reform angestrebten Ziele selbst nach 16 Jahren nur in Ansätzen erreicht werden. Weitere Maßnahmen sind also erforderlich, beispielsweise

- solche, die eine Mitwirkung von Unternehmensvertretern an der Gestaltung der Studiengangskonzepte sichern,
- eine Erhöhung der staatlichen finanziellen Unterstützung der Studenten,
- eine enge Zusammenarbeit der einzelnen europäischen Universitäten, bspw. im Rahmen des Erasmus-Programms.

Marketing in Freiberg – 20 Jahre lebendiges Wissen

Margit Enke¹



Abb. 1: Treffen von Studierenden mit Prof. Dr. Horst Brezinski und Prof. Dr. Margit Enke im Rahmen des Projektstudiums (2009)



Abb. 2: Ehemaliges Team um Prof. Dr. Margit Enke (vorn) (2011)

Mit Stolz darf ich sagen, dass ich nun seit zwei Dekaden Teil der TU Bergakademie Freiberg bin. Am 1. Juni 2016 habe ich das 20-jährige Bestehen meiner Professur Marketing und Internationaler Handel gefeiert und möchte dies zum Anlass nehmen, die Entwicklungen des Marketings in Verbindung mit meinem Beitrag als Professorin Revue passieren zu lassen.

Marketing ist aus unser aller Leben nicht mehr wegzudenken. Produkte, Dienstleistungen, Werbung, Kommunikation, Differenzierung, internes Marketing oder Repräsentation des Unternehmens nach außen hin, das alles ist Marketing. Diese Disziplin hat über die Zeit zunehmend an Bedeutung gewonnen – für die Gesellschaft, die Wissenschaft und die Praxis. 1996 ist das Jahr, in dem Marketing nicht nur vollends zu meinem Lebensinhalt, sondern auch zu meiner Lebensaufgabe wurde. Wie die folgenden Entwicklungslinien zeigen, sollte es eine herausfordernde Aufgabe werden, aber eine Aufgabe, die stets von viel Freude, Kreativität, Vielseitigkeit sowie

persönlichen Kontakten und Erfahrungen begleitet wurde.

Ausbildung von Studierenden und wissenschaftlichem Nachwuchs

Die Internationalisierung hat über die Jahre hinweg eine steigende Zahl von Ländern, Märkten und Bereichen beeinflusst. Gerade im Bereich Betriebswirtschaftslehre können wir die zunehmende Bedeutung der englischen Sprache und die globale Vernetzung von Akteuren spüren. Auch in der Hochschullehre dürfen wir die Internationalisierung nicht außer Acht lassen. Die Anzahl ausländischer Studierender in Deutschland steigt stark an. Die Studierenden von heute sind mehr denn je darauf bedacht, internationale Erfahrungen zu sammeln, interkulturelles Wissen zu gewinnen und ihre Sprachkenntnisse zu erweitern. Für die Wettbewerbsfähigkeit von Universitäten ist es daher unverzichtbar, internationale Studiengänge anzubieten und feste Partnerschaften mit internationalen Universitäten aufzubauen. Als Inhaberin der Professur Marketing und Internationaler Handel – eines Bereichs, der von der Internationalisierung besonders stark gekennzeichnet ist – wollte ich die TU Bergakademie Freiberg bei dieser Aufgabe unterstützen. Durch das Fächerangebot in den Studiengängen „International Management of Resources and Environment“ und „International Business in Developing and Emerging Markets“ fördert meine Professur den internationalen Austausch und darf sich über eine große Anzahl interessierter, internationaler Studierender freuen, die auch uns wertvolle

Anregungen und Eindrücke mit auf den Weg geben. Da der Bereich Marketing sehr praxisorientiert ist, bietet meine Professur neben den grundlegenden Marketingfächern innovative Lehrmethoden, wie das Projektstudium, an. In diesem Fach haben Studierende die Möglichkeit, ihr theoretisches Marketingwissen in einem Praxisprojekt anzuwenden (Abb. 1).

Neben der Ausbildung meiner Studenten und Studentinnen ist auch die erfolgreiche Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ein wichtiges Thema für mich. Umso mehr freue ich mich über 14 abgeschlossene Promotionen und zwei Habilitationen (Abb. 2 zeigt einige meiner Promovenden und Habilitanden). Drei von ihnen haben Professuren an namhaften Universitäten inne: Prof. Dr. Anja Geigenmüller (2012 Berufung auf die Professur für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing, an der TU Ilmenau), Prof. Dr. Martin Reimann (University of Arizona, er erhielt 2013 den Consumer Behavior Rising Star Award der American Marketing Association) und Prof. Dr. Alexander Leischnig (seit 2012 Juniorprofessor für Marketing Intelligence an der Universität Bamberg).

Marketingforschung

Die deutsche Marketingdisziplin hat sich ebenfalls der Internationalisierung gestellt und bringt sich seit Mitte der 1990er-Jahre zunehmend in die internationale Forschung ein. Deutsche Autoren und Autorinnen veröffentlichen ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse verstärkt in angesehenen internationalen

¹ Das diesem Thema gewidmete vollständige Arbeitspapier ist auf der Homepage des Lehrstuhls Forschungs- und Entwicklungsmanagement veröffentlicht.

¹ Prof. Enke studierte, promovierte und habilitierte an der Handelshochschule Leipzig. Seit 1996 ist sie Universitätsprofessorin an der TU Bergakademie Freiberg und Inhaberin der Professur Marketing und Internationaler Handel.
Kontakt: Univ.-Prof. Dr. habil. Margit Enke, TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Professur Marketing und Internationaler Handel, Schloßplatz 1, Zimmer 1.105, 09599 Freiberg, Telefon: +49 3731 39-2543, Fax: 39-4006, E-Mail: margit.enke@bwl.tu-freiberg.de, http://tu-freiberg.de/fakult6/marketing



Abb. 3: Studenten des Faches Brand Management auf Exkursion zur fit GmbH gemeinsam mit Geschäftsführer Dr. Wolfgang Groß (r.) und Prof. Dr. Margit Enke (2. v.r.)

Marketingzeitschriften. Dieser Tendenz bin ich früh gefolgt und habe die Internationalisierung der Marketingforschung mit Veröffentlichungen in renommierten internationalen Zeitschriften, Vorträgen auf internationalen Konferenzen sowie Forschungsk Kooperationen mit internationalen Partneruniversitäten unterstützt. Des Weiteren darf ich 58 Bücher und Aufsätze zu meinen Veröffentlichungen zählen, unter anderem mehrere Auflagen des „Fischer Wirtschaftslexikons“ gemeinsam mit Prof. em. Dr. Dr. h.c. Bert Rürup, „Marketing im erweiterten Europa“ sowie eine umfangreiche Fachliteratur zum „Commodity Marketing“. Darüber hinaus wurde mir die Herausgeberschaft der Reihe „Integratives Marketing – Wissenstransfer zwischen Theorie und Praxis“ zuteil, die sich aktuellen Herausforderungen des integrativen Marketings stellt. Die Publikationen richten sich sowohl an Wissenschaftler und Studierende als auch an Praktiker in Unternehmen und Institutionen sowie an die interessierte Öffentlichkeit. Die Vermittlung zwischen Forschung und Praxis war – und ist weiterhin – eine meiner größten und zugleich schönsten Herausforderungen.

Marketingpraxis

Durch den Wandel vom Verkäufermarkt zum Käufermarkt leiden viele Unternehmen unter einem enormen Wettbewerbsdruck. Schlagwörter wie Marke, Leitbild, Vision oder Differenzierung geraten verstärkt in den Fokus des Marketings. Ziel ist es, Kunden einen einzigartigen Nutzen zu stiften, um sich im hart umkämpften Markt behaupten zu können. Gerade hier sind Forschungserkenntnisse über Ursachen, Wirkeffekte und sinnvolle Strategien ausschlaggebend für fundierte und gewinnbringende Handlungsempfehlungen.

In den letzten 20 Jahren hat meine Professur konsequent mit verschiedenen namhaften Unternehmen wie Beiersdorf AG, Rotkäppchen-Mumm Sektkellereien GmbH oder Von Ardenne GmbH zusammengearbeitet und Handlungsempfehlungen ausgesprochen. Zuletzt kooperierte ich mit der Marke „fit“ (Abb. 3). Meine Studierenden im Fach Brand Management erhielten im Wintersemester 2015/16 die Möglichkeit, eine empirische Untersuchung zur Bekanntheit und zum Image der Marke „fit“ durchzuführen und so ihre praktischen Fähigkeiten zu vertiefen. Das Unternehmen fit GmbH profitierte von statistisch aussagekräftigen Befunden und darauf basierenden Handlungsempfehlungen – eine weitere, wertvolle Erinnerung, bei der alle Seiten viel gewonnen haben.

Regionales Marketing

Auch auf regionaler Ebene ist der Transfer der Marketingforschung in die Praxis essenziell. Städte stehen ebenfalls im Wettbewerb zueinander, insbesondere bedingt durch die verbesserte Mobilität von Unternehmen und Bevölkerung, und bedürfen Strategien zur Steigerung ihrer Attraktivität. So hat sich meine Professur beispielsweise empirischen Untersuchungen des Dresdener Striezelmarktes oder des Gondwanalands im Zoo Leipzig gewidmet. Besonders am Herzen liegt mir jedoch das Stadtmarketing für meine zweite Heimatstadt, Freiberg. Neben Analysen zum Image und der Attraktivität der Stadt Freiberg arbeite ich mit der terra mineralia, dem Freiburger Dom und der Gottfried-Silbermann-Gesellschaft zusammen.

Marketing mit der TU Bergakademie Freiberg

Aufgrund meiner nun 20-jährigen Verbindung zur TU Bergakademie Freiberg

gehört ihr – auch über meine Lehrtätigkeit hinaus – meine besondere Hingabe. Da Universitäten ebenfalls unter hohem Wettbewerbsdruck stehen, haben sich im Laufe der Zeit immer wieder Situationen für eine enge hochschulinterne Zusammenarbeit ergeben. Seien es Imageanalysen, Zufriedenheitsstudien oder das jährliche Monitoring der Studienanfänger, meine Professur ist der TU Bergakademie Freiberg stets ein treuer Partner. Darüber hinaus wurde im Mai dieses Jahres die dritte Förderperiode des Sonderforschungsbereichs (SFB) 799 Trip-Matrix-Composite an unserer forschungstarken Universität bewilligt. Der SFB 799 beschäftigt sich mit der Entwicklung eines neuen Werkstoffs aus einem Verbund von Stahl und Keramik. Einen Bestandteil des SFB 799 bildet das Teilprojekt Öffentlichkeitsarbeit, dessen Leitung mir übertragen wurde. Ziel dieses Teilprojekts ist es, den gesamten SFB 799 als interdisziplinäres Forschungsvorhaben einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen und relevante Zielgruppen einzubinden. Zuletzt erwächst mein Stolz auch aus der langjährigen, konstruktiven Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Hochschulmarketing. Aktuell stellt sich die Arbeitsgruppe den Fragen des Markenkerns der TU Bergakademie Freiberg und der Studienwerbung, insbesondere zur Erhöhung des Frauenanteils in den MINT-Fächern sowie des Anteils internationaler Studierender. Über solche Anlässe für eine weitere, erfolgreiche Zusammenarbeit freue ich mich sehr. Im Marketing tätig zu sein heißt, mit der Zeit und ihren Entwicklungen zu gehen und eben solche Chancen bewusst zu ergreifen. Für die Zukunft habe ich mir deshalb vorgenommen, dem Motto meiner Jubiläumsfeier treu zu bleiben: Twenty Years – and going strong as ever!

Mechanismen der Grafitausscheidungen in Fe-C-Si-Legierungen

Claudia Dommaschk, Gotthard Wolf, Benjamin Aurich¹

Einleitung¹

Gusseisen ist die wirtschaftlich wichtigste Gusswerkstoffgruppe; aus Werkstoffen dieser Gruppe werden für nahezu alle Industriezweige Komponenten hergestellt. Dabei nimmt Gusseisen mit Lamellengrafit (GJL) mit einem Anteil von mehr als 50 Prozent an der gesamten Eisen- und Stahlgussproduktion eine besondere Stellung ein.

Die Ausbildung des Grundgefüges und der Grafitstruktur ist bei Gusseisenwerkstoffen für die mechanischen und physikalischen Eigenschaften entscheidend. Bei GJL spielen dabei Form, Größe, Menge und Anordnung der Grafitlamellen eine besondere Rolle. Wie sich die Lamellen ausbilden, hängt in starkem Maße von den Abkühlungsbedingungen und der chemischen Zusammensetzung des Materials ab.

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Projekt verfolgte das Ziel, ein Modell zur quantitativen und kontinuierlichen Beschreibung der Grafitstruktur von GJL zu erarbeiten. Es galt, die für sie bestimmenden Haupteinflussfaktoren – chemische Zusammensetzung und Abkühlrate – zu variieren und messtechnisch zu erfassen. Über die Definition eines geeigneten Gefügeparameters sollten die veränderliche Grafitausbildung beschrieben und Morphologiediagramme entwickelt werden, um den Zusammenhang zwischen der Grafitstruktur und den sie beeinflussenden Prozessparametern zu visualisieren.

Stand des Wissens

Die Verschiedenheit der Grafitanordnungen im GJL ist ein hervorragendes Kennzeichen für die Komplexität der Mikrostrukturen metallischer Gusswerkstoffe und das Resultat diverser Einflussfaktoren. Derzeit beruht die Unterscheidung der Grafitmorphologien auf einem Vergleich der realen Mikrostrukturen mit den Richtreihenbildern der Norm DIN EN ISO 945 (Abb. 1). Diese Richtreihe ist jedoch lediglich ein bildhafter, idealisierter Beurteilungsmaßstab.

¹ alle Gießerei-Institut der TU Bergakademie Freiberg; Kontakt: Claudia.Dommaschk@gi.tu-freiberg.de



Abb. 1: Richtreihe für die Grafitanordnung bei GJL nach DIN EN ISO 945 [1]

Die Richtreihenbilder spiegeln weder die Vielfalt der verschiedenen Grafitmorphologien wider, noch stehen sie in einem quantitativ fassbaren Zusammenhang. Zudem hat diese Art der Grafitklassifizierung keine Kontinuität. Es werden da idealisierte und fragmentierte Strukturen dargestellt, die aber in realen Mikrostrukturen nicht zu finden sind. Daher sind Bewertungsdifferenzen vorprogrammiert. Ohser u. a. [3; 4] konnten mittels Ringversuch zeigen, dass ein subjektiver Strukturvergleich identischer Proben in verschiedenen Laboratorien zu stark differierenden Aussagen führt.

Experimentelle Untersuchungen

Bei unseren Untersuchungen wurde die Ausbildung der Grafitstruktur durch Variation der chemischen Zusammensetzung und der Erstarrungsbedingungen beeinflusst. Die Veränderung der chemischen Zusammensetzung erfolgte durch die Variation des Sättigungsgrades S_c – einer Maßzahl, die das Verhältnis des

Kohlenstoffgehalts in der Schmelze zum eutektischen Kohlenstoffgehalt unter Berücksichtigung der Silizium- und Phosphorgehalte darstellt.

Mit Hilfe einer temperierten Kühlkokille war die Untersuchung der morphologischen Ausscheidungsfolge von GJL möglich. Aus Abb. 2 geht der dafür konzipierte Versuchsaufbau hervor. Durch ein steigendes Gießen gegen die Kühlkokille unterlag der Probekörper einer gerichteten Wärmeabfuhr. Die lokalen Erstarrungsbedingungen wurden mittels integrierter Thermolemente registriert.

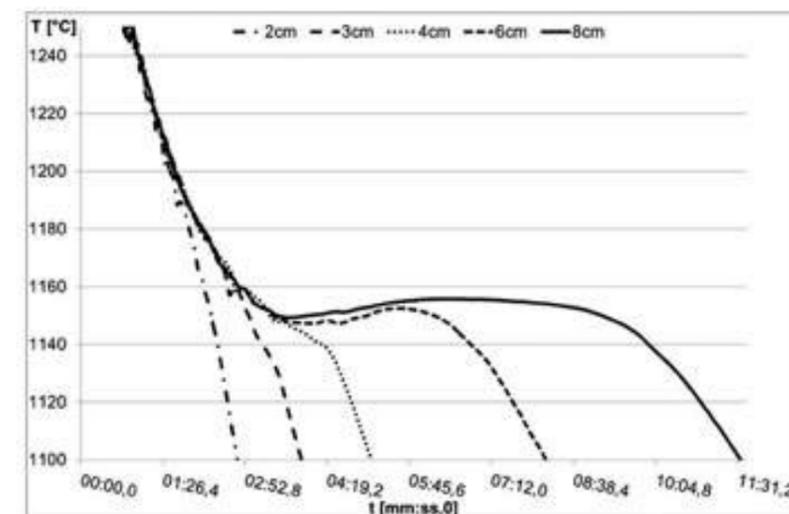
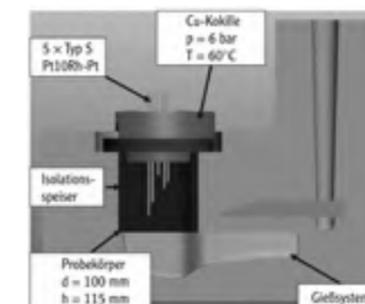


Abb. 2: a) Versuchsanordnung (rechts oben), b) beispielhafter T-t-Verlauf an den Untersuchungspositionen

Die thermische Analyse erfolgte über die Auswertung der Messdaten der im Probestück platzierten Thermoelemente. Mit Hilfe der zu bildenden Ableitung der aufgezeichneten T-t-Verlaufskurve konnten die charakteristischen Punkte Liquidustemperatur T_L , Solidustemperatur T_S und daraus die Abkühlrate ermittelt werden.

Die Grafitstruktur untersuchen wir am ungeätzten Schliffbild unter 200-facher Vergrößerung. Die quantitative Beschreibung des jeweiligen Grafitzustands erfolgte über die Ermittlung der neu erarbeiteten Messgröße „Spezifische Linienlänge“ (L_A in mm^{-1}) zwischen Grafitpartikeln und umliegender Matrix. Für die Grafitcharakterisierung wurde folgender Algorithmus gewählt:

- Schwellwertdefinition zur Charakterisierung des Grafits,
- Messung des Umfangs jedes detektierten Partikels (U_{Grafit}) und
- Bildung des Quotienten aus Umfang und kalibrierter Bild(flächen)größe. Zusammenhängende Partikel, die eine Verbindung zum Rand aufwiesen, wurden von der Auswertung ausgeschlossen ($U_{\text{Randschnitt}}$). Die Bild(flächen)größe wurde um den Betrag der eliminierten Grafitfläche reduziert ($\text{Bildgröße}_{\text{effektiv}}$).

Die Berechnung der Spezifischen Linienlänge L_A erfolgte nach Gleichung (1):

$$L_A = \frac{\sum (U_{\text{Grafit}} - U_{\text{Randschnitt}})}{\text{Bildgröße}_{\text{effektiv}}} [\text{mm}^{-1}] \quad (1)$$

Ergebnisse der Untersuchungen

Mit den Ergebnissen konnte eine Unterscheidung der technisch relevanten Grafitmorphologien quantitativ vorgenommen werden.

Abb. 3 zeigt die spezifische Linienlänge L_A in Abhängigkeit von der lokalen Abkühlrate für unterschiedliche chemische Zusammensetzungen (S_c) der GJL. Für eine nahezu eutektische ($S_c = 1,05$) und eine untereutektische Legierungszusammensetzung ($S_c = 0,8$) sind außerdem die Grafitstrukturen beispielhaft dargestellt.

Für eine Modifikation der Grafitstruktur wurde eine kritische Abkühlrate von $dT/dt_{\text{krit}} = 6 \text{ K/min}$ ermittelt. Unterhalb dieser kritischen Abkühlrate war keine fundiert nachweisbare Variation der Grafitausbildung zu beobachten. Aus den Ergebnissen ging hervor, dass die Ausbildung der GJL-Mikrostruktur oberhalb dT/dt_{krit} von der chemischen Zusammensetzung des Materials abhängt. Im Falle der untersuchten Sättigungsgrade vervielfachte sich die Abhängigkeit der

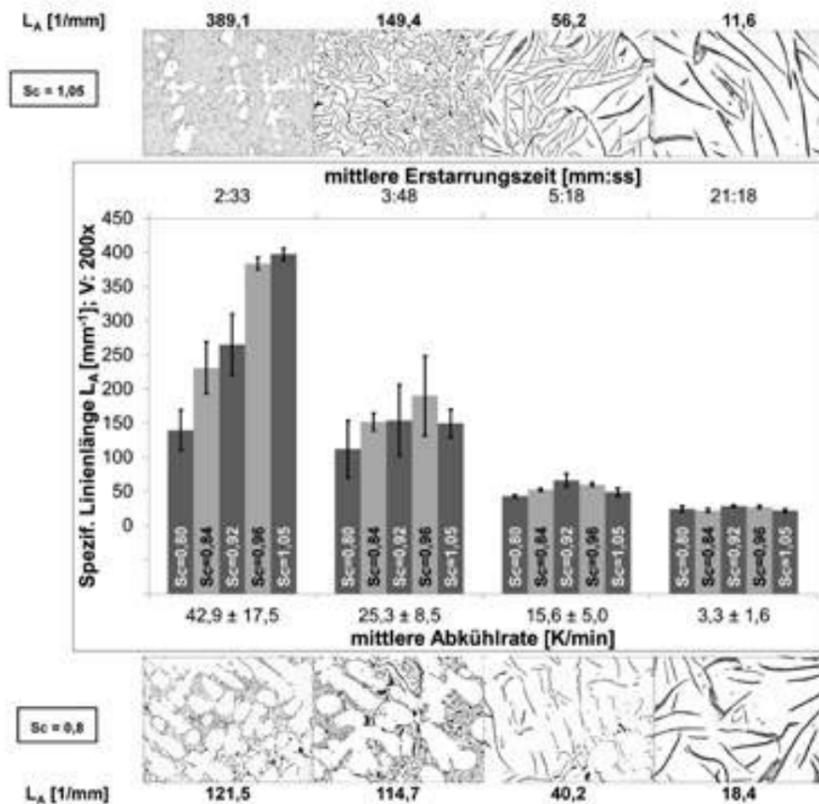


Abb. 3: L_A in Abhängigkeit von Abkühlrate und Sättigungsgrad

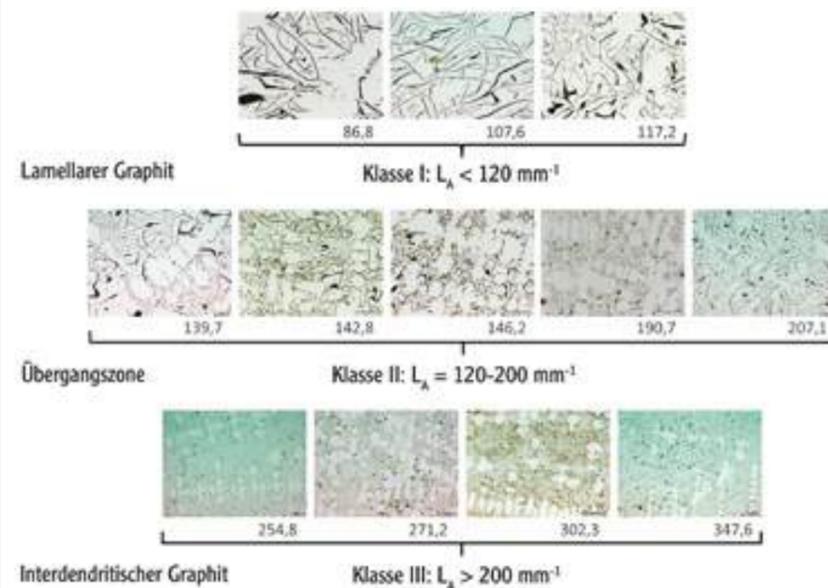


Abb. 4: Richtreihenvorschlag auf der Basis von L_A

Mikrostruktur von der Abkühlrate bei steigendem S_c . Stark untereutektische Zusammensetzungen weisen eine deutlich geringere Abhängigkeit der Mikrostruktur von der Abkühlrate auf.

Mit Hilfe des Kennwerts L_A (spezifische Linienlänge) wurde eine objektive

Entscheidungsgrundlage für die Differenzierung der Grafitausscheidungen gefunden. Es konnte nachgewiesen werden, dass eine Feinung des Grafits und seine interdendritische Anordnung zu einem Anstieg von L_A führen, wohingegen die Abnahme von L_A eine Grafitvergrößerung

signalisiert. Eine regelmäßige Grafitausscheidung (in Anlehnung an DIN EN ISO 945, Grafitanordnung A) wurde für $L_A < 80 \text{ mm}^{-1}$ beobachtet.

Zusammenfassung

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand die Entwicklung einer konsistenten und quantitativen Beschreibung der Grafitstruktur von Gusseisenwerkstoffen in Abhängigkeit von den Erstarrungsbedingungen und der chemischen Zusammensetzung.

Mit den gewonnenen Ergebnissen konnte eine neue Gefügerichtreihe für

GJL erarbeitet werden. Auf der Grundlage der vorliegenden Daten wurde ein quantitativer und kontinuierlicher Maßstab – die spezifische Linienlänge L_A – validiert und als Klassifikationsmerkmal für eine neue Grafitrichtreihe erfolgreich eingeführt (Abb. 4).

Mit dieser Richtreihe ist es jetzt möglich, eine kontinuierliche Grafitklassifikation zu definieren, die ihre Bezugsbasis in den chemischen und thermischen Randbedingungen hat.

Diskussionen über die Zuordnung der realen Grafitgefüge zu den Bildern der Richtreihe sowie Fehlinterpretationen

können dadurch zukünftig vermieden werden.

Literatur:

- 1 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Mikrostruktur von Gusseisen – Teil 1: Grafitklassifizierung durch visuelle Auswertung. Beuth Verlag GmbH, 2010.
- 2 Ohser, J.; Schladitz, K.; Stets, W., u. a.: Rechnergestützte Klassifizierung der Morphologie von Lamellengrafit im Gefüge von Gusseisen. AiF-Vorhaben Nr. 12975,
- 3 Ohser, J.: Die morphologischen Eigenschaften des Grafits im stabil erstarrten Gusseisen mit Lamellengrafit: Probleme der metallografischen Bestimmung und die Beziehungen zur Zugfestigkeit. Dissertation, TU Freiberg, 1983.

Untersuchungen der Biofilmbildung des Laugungsbakteriums *Acidibacillus ferrooxidans* auf sulfidischen Mineralen

Simone Schopf¹

Bereits in meiner Promotion am Lehrstuhl für Mikrobiologie der Universität Regensburg habe ich mich mit Interaktionen zwischen extremophilen (= an extreme Umweltbedingungen angepasste) Mikroorganismen beschäftigt. Als Mitglied der AG Umweltmikrobiologie beschäftige ich mich seit 2013 mit säureliebenden, Eisen oxidierenden Bakterien, einer weitverbreiteten Gruppe extremophiler Mikroorganismen. Diese beschleunigen die Auflösung von in Wasser schwerlöslichen Metallverbindungen – wie Erzen – bei niedrigen pH-Werten, was man als Biolaugung bezeichnet. Gefördert durch meine Auszeichnung mit dem Mary-Hegeler-Habilitationstipendium der TU Bergakademie Freiberg bietet sich mir nun die Gelegenheit, meine Untersuchungen an Biolaugungsbakterien fortzuführen. Im Fokus steht dabei die Bildung oberflächenassoziierter mikrobieller Lebensgemeinschaften (Biofilme) auf verschiedenen Mineralen. Der Mechanismus der Biofilmbildung soll an dem erst kürzlich aus dem Kunstgraben „Hüttenrösche“ in Freiberg gewonnenen, neuartigen Bakterium *Acidibacillus ferrooxidans* erforscht werden.

Interaktionen zwischen Mikroorganismen spielen in der Natur eine wichtige Rolle, da die meisten Mikroben in oberflächenassozierten Gemeinschaften leben, die man als Biofilme bezeichnet.

¹ Institut für Biowissenschaften, AG Umweltmikrobiologie, simone.schopf@ioez.tu-freiberg.de

Biofilme sind die ältesten und erfolgreichsten Lebensformen, nachgewiesen durch Fossilienfunde, die bis zu 3,5 Milliarden Jahre alt sind [Schopf et al. 1983]. Die Bildung eines Biofilms läuft allgemein in mehreren, aufeinanderfolgenden Stadien ab: Zuerst setzen sich die Mikroben an einer Grenzfläche – z. B. Wasser/Luft – fest und beginnen dann, sich auf dieser zu teilen. So kommt es zu einer (Aufeinander-)Schichtung von Zellen und damit zur Ausbildung von dreidimensionalen Gebilden, die je nach den Gegebenheiten in ihrem Umfeld, verschiedene Topographien aufweisen können. Gemeinsam ist allen Biofilmen, dass sie von einer Schleimmatrix aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) umgeben sind [Fleming und Wingender 2010]. Die EPS-Matrix gibt dem Biofilm eine stabile Form, vermittelt die Adhäsion an die Oberfläche und immobilisiert die Zellen. Zum kollektiven Ablösen von Zellfragmenten aus dem Biofilm kommt es z. B. unter Nährstoffmangel. Diese dann als Streamer bezeichneten Zellen können sich infolgedessen an Flächen anheften und neue Habitate besiedeln. Prinzipiell können Oberflächen in allen ökologischen Nischen, in denen genügend Wasser vorhanden ist, besiedelt werden. In der Natur bestehen die am häufigsten vorzufindenden Biofilme aus vielen Arten von Mikroorganismen und können auch Algen, Pilze und Protozoen enthalten [Sivan und Ehud 2011]. Es existieren jedoch auch Biofilme, die sich aus nur einer oder zwei Bakterienarten zusammensetzen [Schopf et al. 2008 als

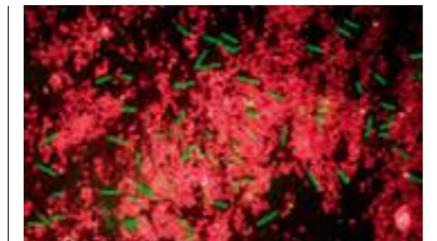


Abb. 1: Epifluoreszenzaufnahme eines Biofilms aus zwei Arten von Mikroorganismen, die in heißen anaeroben Habitaten vorkommen. Die Mikroben besiedeln glasartigen Kohlenstoff als Oberfläche und bilden einen Biofilm aus. Obwohl man die beiden Arten gut anhand ihrer Zellform unterscheiden kann, wurden sie hier mittels Farbstoffen unterschiedlich gefärbt: die „runden“ Mikroben rot, die länglichen, stäbchenartigen grün [aus Schopf 2011].

Beispiel für ein artifizielles System, siehe Abb. 1].

Biofilme sind gegenüber einer Behandlung mit antimikrobiellen Wirkstoffen wesentlich widerstandsfähiger als Zellen in der wässrigen Phase, was vielfältige Gründe hat. Eine Erklärung dafür ist, dass die EPS-Matrix als Schutzbarriere wirkt, die das Eindringen des Schadstoffs abbremst [Schulte und Flemming 2006]. Für die Praxis bedeutet das, dass Biofilme schwer zu entfernen sind und daher in technischen und medizinischen Bereichen erhebliche Schäden verursachen können. Andererseits spielen Biofilme eine wichtige Positive Rolle in allen globalen Stoffkreisläufen, bei der Selbstreinigung von Gewässern und – Thema meiner Forschungsarbeit – auch bei der Mobilisation von Metallen und damit der Metallgewinnung aus

Erzen, was unter dem Begriff Biolaugung verstanden wird.

Hierbei ist wichtig, dass Metalle wie Kupfer, Zink und Nickel in der Natur überwiegend in Form von Metallsulfiden vorkommen, die unter normalen Umweltbedingungen in Wasser schwerlöslich sind. Zudem sind die an der Biolaugung beteiligten Mikroorganismen säureliebend (acidophil). Das bedeutet, dass sie bei niedrigen pH-Werten (pH <4) leben. Die säureliebenden Bakterien beziehen ihre zum Wachsen erforderliche Energie aus der Oxidation von Eisen(II)- zu Eisen(III)-Verbindungen (zur Erläuterung: Wir benötigen dazu organische Substanzen wie Kohlenhydrate). Da das Eisen(III)-Ion als Oxidationsmittel den Sulfid-Schwefel im praktisch unlöslichen Metallsulfid „angreift“ und diesen über mehrere Stufen zu wasserlöslicher Form – Metallsulfat – oxidiert, tragen die acidophilen Laugungsbakterien zur Umwandlung einer praktisch unlöslichen Metallverbindung in ihre wasserlösliche Form bei. Dieser Prozess wird zwar auch von den Bakterien in einer Suspension durchgeführt, aber durch die Wechselwirkungen der im Verband eines Biofilms aufsitzenden Mikroben mit der Mineraloberfläche wird die Auflösung der Erze um das 20- bis 100-fache beschleunigt. Für Pyrit ist beschrieben, dass die Auslaugung des Metalls an der Grenzfläche zwischen den Zellen und der Mineraloberfläche stattfindet, weil die Eisen (III)-Ionen in der EPS-Matrix gebunden sind und konzentriert vorliegen [Sand und Gehrke 2006]. **Abb. 2**

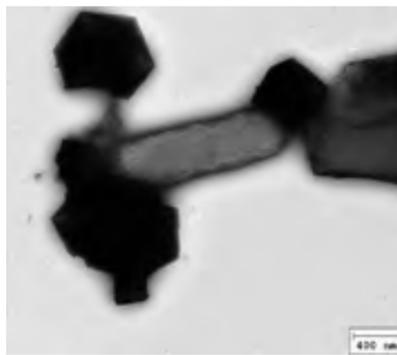


Abb. 2: Das stäbchenförmige Laugungsbakterium *Acidithiobacillus ferrooxidans* (Mitte) wurde zusammen mit feingemahlene Pyritkörnern (< 63 µm) kultiviert. Die elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt, dass das Bakterium sich an die Partikel anheftet.

zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme des Laugungsbakteriums *Acidithiobacillus ferrooxidans*, das zusammen mit Pyritpartikeln kultiviert wurde. Es zeigt sich deutlich, dass das Bakterium in Kontakt mit den Pyritpartikeln steht [Schopf et al. 2013]. Obwohl in der Literatur Studien zur Biofilmbildung durch Laugungsbakterien auf Pyrit verfügbar sind (vor allem mit dem o. g. Bakterium *Acidithiobacillus ferrooxidans*), sind weiterführende Untersuchungen zur Anheftung von Mikroben auf anderen Mineralen bisher kaum systematisch durchgeführt worden und vor allem die dahinterstehenden Mechanismen weitgehend unbekannt.

Im Verlauf mehrjähriger experimenteller Forschungsarbeit ist in der AG Mikrobiologie die Infrastruktur zur Kultivierung, Identifizierung und Visualisierung

der relevanten Biolaugungsbakterien entstanden. So konnte gezeigt werden, dass im Bergwerk Reiche Zeche die Biofilmbildung an Mineralen eine Rolle spielt [Gelhaar et al. 2015, Eisen et al. 2016]. Zudem ist an der TU Freiberg die Infrastruktur zur Beschaffung und Analytik von Mineralproben durch interdisziplinäre Zusammenarbeit im Freiburger Biohydrometallurgischen Zentrum (BHMZ) gegeben, was ideale Voraussetzungen für mein Forschungsvorhaben mit sich bringt. Ein erfreulicher Befund in diesem Zusammenhang ist auch, dass im Rahmen einer studentischen Arbeit kürzlich ein säureliebendes Laugungsbakterium aus dem Kunstgraben „Hüttenrösche“ in Freiberg isoliert werden konnte [Vogel 2015]. Unsere Untersuchungen zeigten, dass dieses Isolat einer neuen Gattung von Bakterien angehört. Wie oben erläutert, oxidiert das Bakterium, dass den Namen *Acidibacillus ferrooxidans* Hütt2 trägt, Eisen(II)- zu Eisen(III)-verbindungen, benötigt dazu aber auch organische Substanzen – vermutlich als Kohlenstoffquelle. Aufgrund der Neuartigkeit dieses Bakteriums eröffnet sich Potenzial für weiterreichende wissenschaftliche Untersuchungen zu den Mechanismen der Mineralanheftung. Durch Mikroskopie wurde in eigenen Vorversuchen bereits gezeigt, dass eine Anheftung an das Mineral Pyrit in saurem Milieu (pH = 2,3) stattfindet. Derzeit laufende experimentelle Forschungsarbeiten sind der visuellen Darstellung des Zustands von *Acidibacillus ferrooxidans* Hütt2 auf den sulfidischen

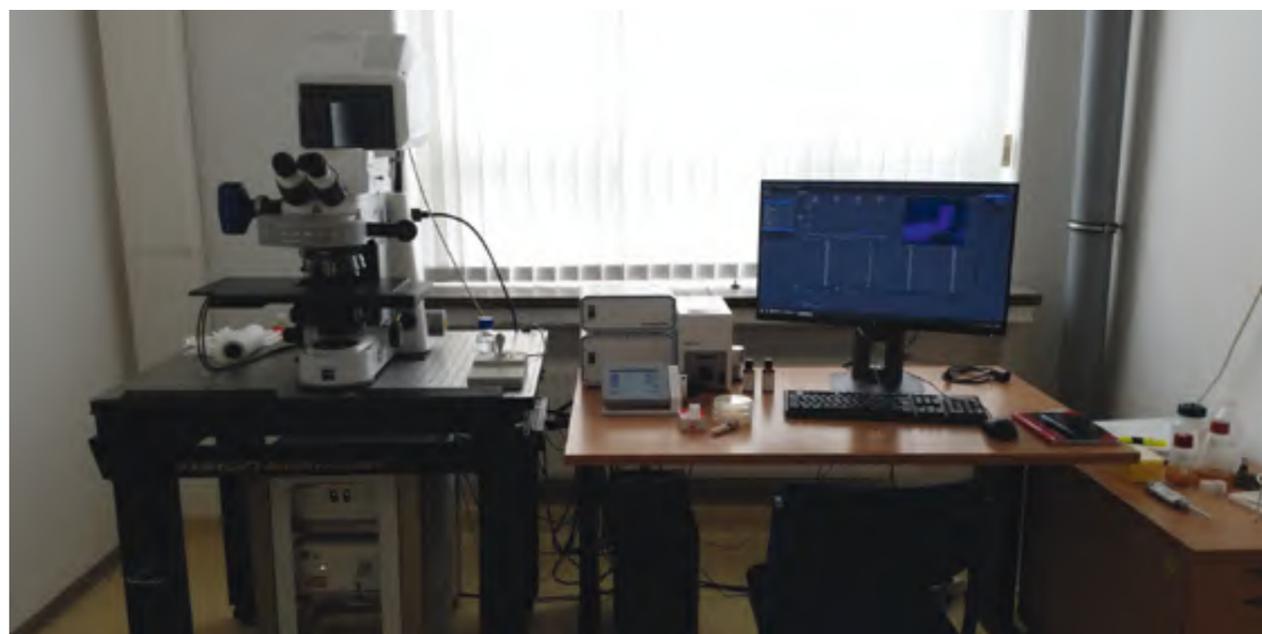


Abb. 3: Konfokales Laser-Scanning-Mikroskop, das zur Studie von Biofilmen und der Topographie von Mineraloberflächen verwendet wird

Mineralen Sphalerit, Chalcopyrit, Covellin und Galenit gewidmet. Die Adhäsionsstudien können auf weitere Minerale (z. B. Hämatit, Magnetit und Quarz) sowie um Nicht-Minerale (z. B. Holz) ausgedehnt werden. Ziel ist es, zu untersuchen, welche Oberflächen besonders gut bewachsen werden und ob die Adhäsion bevorzugt an Stellen mit Unregelmäßigkeiten im Kristallgitter (im Fall von Mineralen) stattfindet. Zur bildhaften Darstellung solcher Gegebenheiten eignet sich besonders ein konfokales Laser-Scanning-Mikroskop, das kürzlich aus Mitteln der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung beschafft wurde. Es scannt das Präparat mit einem Laser ab und erzielt optische Schnitte der Probe in x-, y- und z-Richtung mit hohem Kontrast und hoher Auflösung. Dies erlaubt die Darstellung der räumlichen Struktur eines Biofilms auf Oberflächen mit Hilfe von Fluoreszenzfarbstoffen. Auch können die Struktur der Oberfläche dargestellt und beispielsweise Ätzgruben vermessen werden (**Abb. 3**).

Um eine Aussage darüber zu treffen, wie viele Zellen auf der Oberfläche angeheftet sind, kann die Zellzahl mit Hilfe einer neu entwickelten Methode ermittelt werden [Giebner et al. 2015]. Weiterführende Experimente im Rahmen des Mary-Hegeler-Stipendiums sehen die

Analyse der Erbinformation des aus der Hüttenrösche stammenden Bakteriums vor. Hierbei sollen die Gene identifiziert werden, die an der Biofilmbildung beteiligt sind und durch Kontakt mit der Oberfläche entweder an- oder abgeschaltet werden. Dies kann mit Hilfe molekularbiologischer Techniken untersucht und mit einer dynamischen Veränderung der Gesamtzellproteine korreliert werden (sogenannte Proteomanalyse). Da *Acidibacillus ferrooxidans* Hütt2 eine neuartige Bakterienspezies darstellt, wird es für möglich gehalten, neue Erkenntnisse und ein besseres Verständnis der Biofilmbildung dieses Laugungsbakteriums zu gewinnen.

Danksagung

Mein Dank gilt der TU Bergakademie Freiberg und der Rektoratskommission Gleichstellung für die Bewilligung des Mary-Hegeler-Stipendiums sowie auch der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung.

Literaturverzeichnis

- Gelhaar N, Schopf S, Schlömann M. 2015. Indium extraction from Reiche Zeche sphalerite and community analysis of acidic mine water. *Adv Mat Res.* 1130, 392-325.
- Eisen N, Schopf S, Schlömann M. 2016. Adhesion studies of microorganisms on ore material – who are the keyplayers in bioleaching of sulfidic mineral surfaces? Poster presentation at Biohydromet Conference, Falmouth.

- Giebner F, Kaschabek S, Schopf S, Schlömann M. 2015. Three adapted methods to quantify biomass and activity of microbial leaching cultures. *Min Eng.* 79, 169-175.
- Fleming HC, Wingender J. 2010. The biofilm matrix. *Nat Rev Microbiol.* 8, 623-633.
- Sand W, Gehrke T. 2006. Extracellular polymeric substances mediate bioleaching/biocorrosion via interfacial processes involving iron(III) ions and acidophilic bacteria. *Res Microbiol.* 157, 49-56.
- Schopf JW, Hayes JM, Walter MR. 1983. Evolution on earth's earliest ecosystems: recent progress and unsolved problems. In *Earth's earliest biosphere*. Ed. Schopf JW. Princeton University Press, New Jersey, 361-384.
- Schopf S, Wanner G, Rachel R, Wirth R. 2008. An archaeal bi-species biofilm formed by *Pyrococcus furiosus* and *Methanopyrus kandleri*. *Arch Microbiol.* 190, 371-377.
- Schopf S. 2011. Untersuchungen der Flagellen von *Pyrococcus furiosus*: Flagellenvermittelte Interaktionen, Ultrastruktur und Molekularbiologie. Dissertation Universität Regensburg.
- Schopf S, Gelhaar N, Klingl A, Behm T, Schlömann M. 2013. Bioleaching of sphalerite – Approaches for the winning of strategic elements. Poster presentation at Mine Water Symposium, Freiberg.
- Schulte S, Flemming HC. 2006. Ursachen der erhöhten Resistenz von Mikroorganismen in Biofilmen. *Chemie Ingenieur Technik* 78, 1683-1689.
- Sivan E, Ehub B. 2011. Multi-species biofilms: living with friendly neighbours. *FEMS Microbiol Rev.* 36, 990-1004.
- Vogl S. 2016. Kultivierung, Isolierung und Identifizierung acidophiler Eisenoxidierer. Bachelorarbeit TU Freiberg.

Vom Backenbrecher zur biomedizinischen Strömungsmechanik

Katrin Bauer

Studium

Nach dem Abitur war für mich klar, dass ich beruflich gern etwas mit Biologie/Medizin und Technik machen möchte. Daher entschied ich mich für ein Studium der Angewandten Naturwissenschaft in Freiberg. Dies versprach die Möglichkeit einer Kombination aus den beiden Gebieten. Im Laufe des Studiums zeigte sich für mich jedoch, dass ein zukünftiges Berufsleben auf der Basis eines Studiums der Angewandten Naturwissenschaft nicht so ganz meinen Vorstellungen und Wünschen entsprach. Entsprechende Vertiefungsrichtungen gingen in die Richtung Zellzüchtung; aber als Labormaus wollte ich nicht enden. Damals hatte ich noch nicht die Absicht, zu promovieren. Ich entschied mich daher, zum Studiengang Umwelt-Engineering zu wechseln. Das war ohne Zeitverlust möglich, da das Grundstudium in beiden Fachrichtungen nahezu identisch ist. Hier wurden auch die Grundlagen für technische Anwendungen gelegt. Ich entschied mich für „Ökologische Produktentwicklung“ als Vertiefungsrichtung, da hier auch die ingenieurtechnischen Voraussetzungen dafür behandelt werden. Allerdings bin ich auf diese Weise mitten im Schwermaschinenbau gelandet. Plötzlich lernte ich, wie Zerkleinerungsmaschinen, insbesondere Backenbrecher und Kegelbrecher, funktionieren und aufgebaut sind. Mir war bewusst, dass Medizin und Biologie dabei etwas zu

kurz kommen. Aber über die Themenwahl für die Belegarbeiten, die im Rahmen des Studiums anzufertigen waren, hatte ich die Möglichkeit, der Medizin wieder etwas näher zu kommen. Unter anderem entwickelte ich – gemeinsam mit Kommilitonen – während meiner Projektarbeit ein Zellkulturgefäß. Während des Studiums bemerkte ich zudem, dass mich die Strömungsmechanik besonders fasziniert. Ich fertigte daher weitere studentische Qualifizierungsarbeiten ausschließlich im Bereich der Strömungsmechanik an.

Erst während der Diplomarbeitsphase wurde mir klar, dass ich gern in der Forschung bleiben und promovieren möchte. Ich bekam ein Angebot, am Institut für Mechanik und Fluidodynamik (IMFD) der TU Freiberg über die Strömung in der Lunge zu promovieren. Das bedeutete die perfekte Symbiose für mich: Medizin und Strömungsmechanik.

Promotion

Ziel des Projekts war es zum einen, den Massentransport bei der Atmung/Beatmung zu verstehen – und zum anderen, Methoden für eine gezielte Verbesserung der Atmung abzuleiten. Im Fokus steht dabei vor allem die noch unreife Lunge von Frühchen. Diese sind besonders häufig von schwerwiegenden Atemwegserkrankungen betroffen. Eine künstliche Beatmung

kann ihre empfindliche Lunge jedoch noch weiter schädigen. Daher muss eine sinnvolle Beatmungsmethode möglichst schonend für das Lungengewebe sein. Mein Forschungsprojekt war daher auch Teil des DFG-Forschungsschwerpunkts „Protektive Beatmung“.

Für die Untersuchungen wurde ein Lungenmodell der oberen Atemwege angefertigt (Abb. 1). Dieses besteht aus transparentem Silikon, damit optische Strömungsmessungen darin durchgeführt werden konnten. Das Modell kann dabei wie bei einer realen Atmung durchströmt werden, wobei sich typische Strömungsmuster und Massenstromverteilungen untersuchen lassen. Die Strömung wird hinsichtlich variabler Atmungs-/Beatmungsmuster untersucht.

Erste Strömungsuntersuchungen an der Lunge führte ich vor etwa zehn Jahren durch. Dabei beschäftigte ich mich vornehmlich mit experimentell realisierbaren Strömungsmessmethoden.

Als Strömungsmesstechnik wurde vor allem die *Particle Image Velocimetry* (PIV) benutzt. Dabei wird die Strömung mittels kleiner Partikel sichtbar gemacht. Die Partikelverschiebung innerhalb eines bestimmten Zeitfensters ist ein Maß für die auftretende Geschwindigkeit. Die damalige Technik erlaubte zunächst nur Untersuchungen in ausgewählten Messebenen.

PostDoc

Dank der Bewilligung eines DFG-Antrags zur weiterführenden Untersuchung der Lungenströmung ist es uns nun möglich, die Lungenströmung dreidimensional experimentell sichtbar zu machen (Abb. 2). Darüber hinaus wollen wir den Transport von Sauerstoff in der Lunge durch eine neu entwickelte Messmethode visualisieren.

Diese experimentellen Arbeiten haben mich Anfang 2016 für drei Monate nach Israel an das Technion Biofluids Laboratory geführt. Ermöglicht wurde dieser Aufenthalt auch durch das Federmann-Stipendium, das von der TU Bergakademie Freiberg in Kooperation mit der Firma Freiberg Compound Materials vergeben wird. Dort konnte ich gemeinsam mit den Forschern des Technion Vorarbeiten für ein neues Forschungsprojekt auf dem Gebiet der frühkindlichen Beatmung ausführen. Hierdurch ist sehr enge internationale Zusammenarbeit mit Israel entstanden.

Parallel zu experimentellen Messmethoden wurden auch numerische Methoden benutzt, um instationäre Strömungsmuster im gleichen Modell zu simulieren. Dabei konnten typische Wirbelstrukturen in den oberen Atemwegen aufgezeigt werden (Abb. 3). In der Abbildung sind solche gegensinnig rotierenden Wirbelstrukturen (rot und blau) als Isoflächen dargestellt. Diese entstehen in jeder Verzweigungsgeneration aufs Neue und tragen vor allem zu einem effektiven Massenaustausch von Sauerstoff gegen Kohlenstoffdioxid in der Lunge bei.

Obwohl die Untersuchung der Lunge ein biomedizinisches Thema ist und daher an der Bergakademie eher exotisch anmutet, gibt es Parallelen zu industriellen Anwendungen. Der Bronchialbaum besteht aus gekrümmten, verzweigten Röhren, deren Durchströmungsmuster beispielsweise auch in Pipelines zu finden sind. Der Transport von Aerosolen bzw. Medikamenten durch die Lunge hat den Charakter einer partikelbeladenen Strömung, die derzeit am IMFD auch im Zusammenhang mit verfahrenstechnischen Fragestellungen untersucht wird.

Generell ist jedoch die Physik des Massentransports in den Atemwegen bis heute noch nicht vollständig verstanden. In der Zukunft sind vor allem weitere Grundlagenuntersuchungen notwendig. Erkenntnisse über oszillierende Krümmungsströmungen,



Abb. 1: Transparentes Silikonmodell des oberen Tracheobronchialbaums

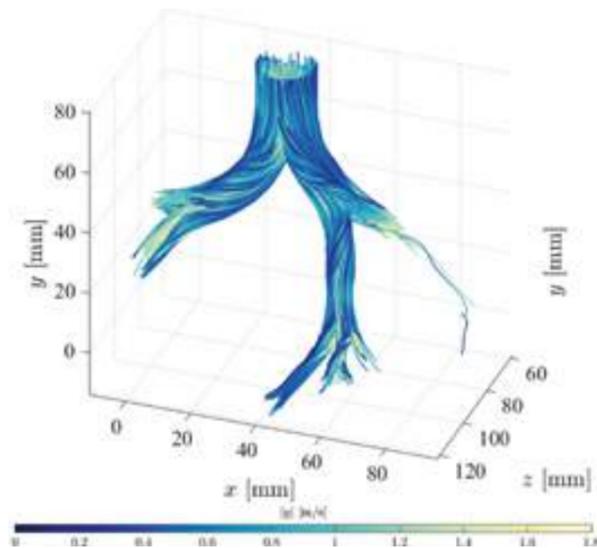


Abb. 2: Bahnlinien im Lungenmodell bei der Einatmung

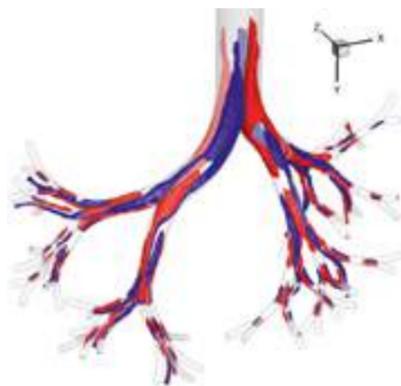


Abb. 3: Strömungstrajektorien in den oberen Atemwegen (die Farben repräsentieren die Geschwindigkeiten)

die am IMFD gewonnen werden, sollten daher auf die Strömungsverhältnisse in der Lunge übertragen werden können. Mein Ziel ist es, eine Symbiose zwischen Medizin und Technik zu schaffen und die erlangten Forschungsergebnisse aus beiden Gebieten wechselseitig zu übertragen.

Wichtig ist mir zudem, Studenten für die Strömungsmechanik zu begeistern. Aktuelle Forschungsergebnisse sollten dabei immer in die Vorlesungen und Übungen mit einfließen. Derzeit halte ich die Vorlesung Turbulenztheorie und leite die Übungen in den Fächern Strömungsmechanik 1 und 2.

Paradigmenwechsel in der Mikro- und Optoelektronik – Nanostrukturen und neue Materialien

Jan Beyer, David Lehninger, Ronald Otto, Alexander Schmid, Frank Schneider, Johannes Heitmann¹

In Freiberg hat die Halbleitermaterialforschung eine lange Tradition. Die für die Halbleiterindustrie essenziellen Elemente Germanium (Ge) und Indium (In) wurden hier entdeckt. Firmen im Bereich der Herstellung von einkristallinem Silizium (Si) und Galliumarsenid (GaAs) für die Mikroelektronik und die Photovoltaik haben ihren Sitz in Freiberg. Die fortschreitende Miniaturisierung der elektronischen Bauelemente in der Halbleiterindustrie bis hin zu den derzeit etablierten Strukturbreiten von 16 nm erfordert die Einführung neuer Materialien in den Prozess der Herstellung moderner Transistoren, wie beispielsweise neue Dünnschichtoxide (Hoch-Epsilon-Materialien) und neue Halbleitermaterialien wie GaAs und Galliumnitrid (GaN). Auf der anderen Seite bedeuten diese kleinen Strukturgrößen auch, dass die herkömmlichen Halbleitermaterialien wie Si und Ge aufgrund von Quanteneffekten völlig neue oder andere Eigenschaften aufweisen als die Volumenkristalle. Am Institut für Angewandte Physik (IAP) der TU Bergakademie Freiberg werden derartige Quanteneffekte untersucht, aber auch neue Materialien, wie die im Weiteren beschriebenen Hoch-Epsilon-Materialien für unterschiedliche Anwendungen im Bereich Mikroelektronik bzw. Photovoltaik, synthetisiert und charakterisiert.¹

Einführung

Das Mooresche Gesetz, das besagt, dass sich die Anzahl der Transistoren auf integrierten Schaltkreisen jedes Jahr verdoppelt, hat während der letzten Jahrzehnte die Forschung und Entwicklung in der Mikroelektronik beherrscht und die Dominanz der Si-basierten Materialien immer weiter ausgebaut. Mit der Überführung der 16 nm-Technologie in die Produktion scheinen die physikalischen Grenzen erreicht und ein Endstand dieser Miniaturisierung absehbar zu sein. Im Zuge dieser Entwicklung dringen jedoch zunehmend neuartige Materialien und Funktionalitäten in die herkömmliche Halbleitertechnologie – ein

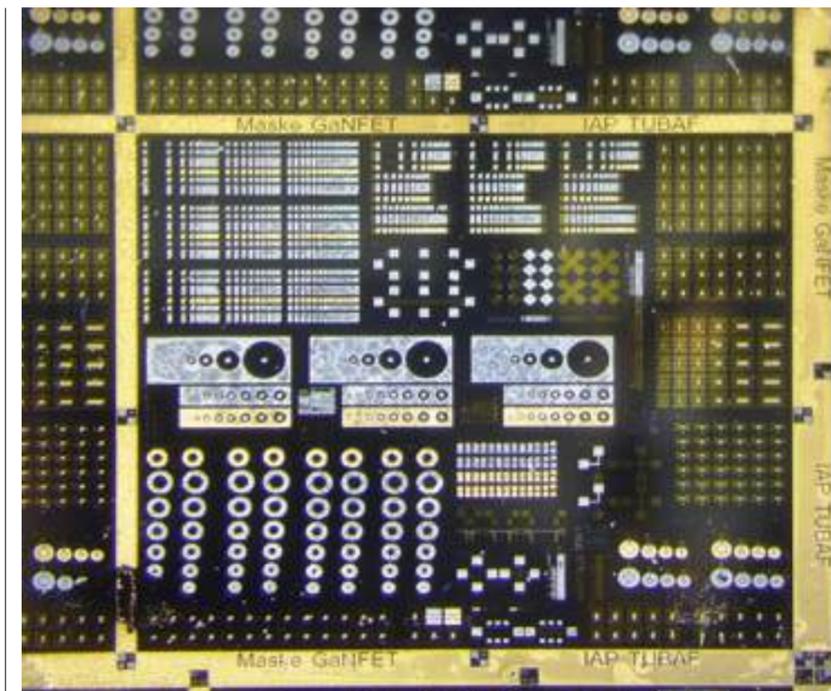


Abb. 1: Im Zentralen Reinraumlabor der TU Bergakademie Freiberg hergestellte Teststrukturen, deren Transistoren die Vorteile von GaN als Halbleitermaterial und einem Hoch-Epsilon-Material als Dielektrikum vereinen.

Trend, der sich weiter fortsetzen wird. Die Zukunft liegt nicht mehr in der Verkleinerung herkömmlicher Strukturen, als vielmehr in der Einführung neuer Materialien und Funktionalitäten, die einen Paradigmenwechsel in Forschung und Entwicklung erfordern.

Die Verkleinerung der Strukturen hat vor allem eine Verkleinerung der Kapazitäten zur Folge, was im Fall der Kondensatoren (beispielsweise für DRAM-Anwendungen) zu einer Reduktion der gespeicherten Ladung und im Fall der Transistoren zu einer Verringerung des Sättigungsstroms führt. Beiden Problemen wurde mit einer Reduktion der Dicke des Dielektrikums begegnet, was wiederum eine Erhöhung des durch die Bauelemente bedingten Leckstroms zur Folge hat. Spätestens seit der Einführung der 45 nm-Technologie hätte eine weitere Reduktion der Oxiddicke (auf ca. 0,5 nm) das direkte Tunneln von Ladungsträgern ermöglicht, was aber wiederum die Isolationseigenschaften des Dielektrikums (üblicherweise Siliziumdioxid SiO₂) zum Erliegen bringt. Daher wurden sog.

Hoch-Epsilon-Materialien eingeführt, die aufgrund ihrer höheren Dielektrizitätskonstante im Vergleich zu SiO₂ die gleiche Kapazität bei größerer Schichtdicke ermöglichen. Die in Industrie und Forschung dazu diskutierten bzw. eingesetzten Materialien sind Al₂O₃, HfO₂, ZrO₂ und verschiedene Seltenerdoxide, wie u. a. La₂O₃. Kombiniert werden diese Oxide mit nitridierten Metallelektroden, wie beispielsweise aus TiN oder TaN, die dank ihrer freien Elektronen und der fehlenden Bandlücke keine Bandverbiegung am Übergang zum Dielektrikum zeigen und daher ebenfalls zu einer Erhöhung der Kapazität beitragen. Parallel zu den neuartigen Materialien wurden immer mehr Bauelemente in drei Dimensionen entwickelt, da auf diese Weise der Flächenverlust infolge der Reduktion der Strukturgrößen kompensiert werden kann. So weisen DRAM-Kondensatoren schon seit den 1990er-Jahren durch die Anwendung sog. Trench- bzw. Stacktechnologien Aspektverhältnisse von 1:20 bis 1:80 auf, und in den Mikroprozessoren kommen bereits FinFET-Transistoren zum Einsatz.

¹ alle Autoren: Institut für Angewandte Physik, TU Bergakademie Freiberg

Quelle: www.intel.com/technology/silicon/integrated_cmos.htm

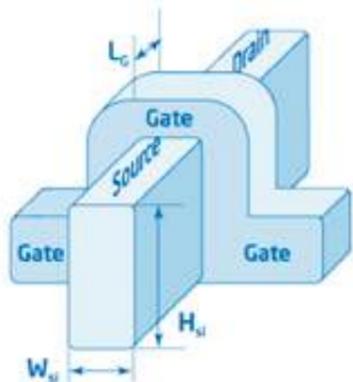


Abb. 2: Intel Tri-Gate-Transistor für die 22-nm-Technologie. Der Kanal des herkömmlichen MOSFET befindet sich nun in der Vertikalen, was sowohl eine Vergrößerung der Fläche (und damit der Kapazität) als auch einen direkteren Zugriff der Gateelektrode auf den Kanal erlaubt. Als Dielektrikum wird hier schon ein Hf-basiertes Hoch-Epsilon-Material verwendet

Ein weiterer Weg und ein echter Paradigmenwechsel wäre es, Photonen – also Licht – nicht nur zur Datenübertragung, sondern auch zur Datenverarbeitung zu nutzen. Das würde die Einführung eines optischen Computers bedeuten. Für eine solche Technologie wurde schon eine Vielzahl optischer, zur Si-Technologie kompatibler Komponenten entwickelt, wie beispielsweise Multiplexer, Wellenleiter, Resonatoren etc. Die letzten, noch fehlenden Elemente sind Lichtemitter und Modulatoren, da Silizium aufgrund seiner indirekten Bandstruktur kein Licht emittiert und aufgrund des centro-symmetrischen Kristallgitters keine nichtlinearen optischen Eigenschaften zweiter Ordnung aufweist. Auch hier beruhen die Ansätze darauf, entweder neue Materialien über Heteroepitaxie auf Silizium aufzuwachsen zu lassen oder diese Eigenschaften im Si selbst zu ermöglichen.

Hoch-Epsilon-Materialien

Als Hoch-Epsilon- oder – im Englischen – High-k-Materialien, werden alle Materialien mit einer höheren Dielektrizitätszahl ϵ_r als der von SiO_2 ($\epsilon_r = 4$) bezeichnet. Das reicht von amorphem Al_2O_3 ($\epsilon_r = 8$) über TiO_2 ($\epsilon_r = 70$) bis hin zu den Perovskiten mit einem ϵ_r im Bereich von 200–300. Bei letzteren konnten allerdings diese hohen Dielektrizitätskonstanten für dünne Schichten (<20 nm) nicht erreicht werden, da sich aufgrund einer häufig gestörten Anfangsschicht die Gesamtdielektrizitätskonstante reduziert.

Die hohen ϵ_r -Werte haben aber gleichzeitig eine niedrige Bandlücke zur Folge,

die wiederum die Isolationseigenschaften des Materials stört und es dann oft für Anwendungen als dielektrische Isolationsschicht unbrauchbar macht. Hinzu kommt, dass die genannten Werte nur für Volumenkristalle in den jeweils thermodynamisch stabilen kristallinen Phasen gelten. Bei der Verwendung von dünnen Schichten (5–10 nm Dicke) werden durch den höheren Beitrag der Oberflächen- zur Gesamtenergie durch Stress oder durch zusätzliche Dotierung oft andere kristalline Phasen stabilisiert.

Unter all diesen genannten Materialien haben sich Hf- und Zr-basierte Oxide als guter Kompromiss zwischen hohem ϵ_r und noch vertretbarem Isolationsvermögen herauskristallisiert. Zudem können diese Materialsysteme in der metastabilen tetragonalen Phase in Volumenkristallen in dünnen Schichten oder über eine Dotierung stabilisiert werden. Die tetragonale Phase weist ein ϵ_r von 35–40 auf, also einen zehnmal größeren Wert als SiO_2 , während die thermodynamisch stabile monokline Phase nur ein ϵ_r von 18 besitzt. Amorphes HfO_2 hat ein ϵ_r von etwa 20. In Transistoren werden solche Schichten in Kombination mit einer SiO_2 -Schicht am Übergang Halbleiter/Dielektrikum benutzt, um gleichzeitig eine gute Passivierung der Si-Oberfläche sicherzustellen.

Si-Nanostrukturen in SiO_2

Durch die Verkleinerung der Si-Strukturen tritt neben der dafür nötigen Verringerung der Oxidschichtdicke ein weiterer Effekt auf, der mit den Halbleitereigenschaften des Siliziums zusammenhängt. Bei einer Kanallänge von 16 nm in den modernen Mikroprozessoren ist die Anzahl der Dotierstoffatome im Kanal abzählbar. Das heißt, dass die Varianzen in der Dotierung durch die Anzahlvariation bei den Dotierstoffatomen zunehmen. Es wird immer schwieriger, eine genaue Dotierung und damit die Einsatzspannungen von Transistoren einzustellen. Hinzu kommt, dass mit der Verkleinerung der Si-Strukturen sog. „Quantum-Confinement“-Effekte auftreten. Durch die Reduzierung der Strukturgrößen in den Bereich des Bohrradius des jeweiligen Materials (bei Si <10 nm) werden Elektronen und Löcher im Ort stark eingeschränkt. Damit treten Effekte auf, die man in der Quantenmechanik als „Ladungsträger im Potentialtopf“-Phänomene beschreibt. Die Energielücke des Halbleiters nimmt zu, und es kommt zu einer Diskretisierung von Valenz- und Leitungsbandzuständen,

wie das von einzelnen Atomen her bekannt ist. Diese Effekte spielen in der Nanoelektronik unterhalb der Strukturgröße von 16 nm eine immer größere Rolle, die es nicht nur zu beachten, sondern auch für neue Funktionalitäten zu nutzen gilt. Ein Beispiel dafür ist das Phänomen, dass mit genauere Ortseinschränkung der Ladungsträger eine „Verschmierung“ der Wellenfunktion im Impulsraum eintritt (Heisenbergsche Unschärferelation). Das heißt, der Impuls der Ladungsträger ist mit kleiner werdender Strukturgröße immer weniger definiert. Dieses Phänomen führt dazu, dass der indirekte Halbleiter Si (also ein Halbleiter, der nur sehr ineffizient Licht emittiert, da Elektronen und Löcher unterschiedliche Impulsenergien haben und somit nur durch die Emission bzw. Absorption einer Gitterschwingung miteinander rekombinieren und ein Lichtquant aussenden können), ein quasi-direkter Halbleiter wird, also ein Halbleiter, der sich als Lichtemitter eignet. Ein Si-basierter Lichtemitter ist inzwischen eines der wenigen Elemente, die für einen optischen Computer noch fehlen. Am IAP sind durch einen sog. Übergitteransatz von substöchiometrischen Oxiden größenkontrolliert Si-Nanokristalle gezüchtet und charakterisiert worden. Bei dieser Synthese werden metastabile nm-dicke SiO-Schichten von SiO_2 -Schichten über Co-Sputterprozesse aus einem Si- und einem SiO_2 -Target synthetisiert. Ein anschließender Temperenschritt sorgt dafür, dass sich die SiO-Schichten zu nanokristallinem Si und amorphem SiO_2 entscheiden. Die Größe der Si-Nanokristalle wird durch die ursprüngliche SiO-Schichtdicke im Bereich 3–10 nm auf den Nanometer genau eingestellt.

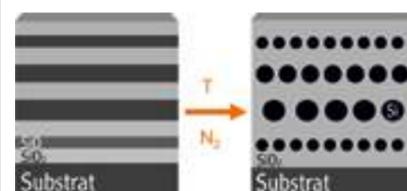


Abb. 3: Prinzip der Übergittermethode, angewandt auf stöchiometrische und substöchiometrische Oxide zur größenkontrollierten Herstellung von Halbleiternanokristallen

Durch den beschriebenen Quantum-Confinement-Effekt kommt es zu einer – verglichen mit Si-Volumenkristallen – wesentlich effektiveren Emission von Licht, dessen Wellenlänge je nach Größe der Nanokristalle im Bereich von

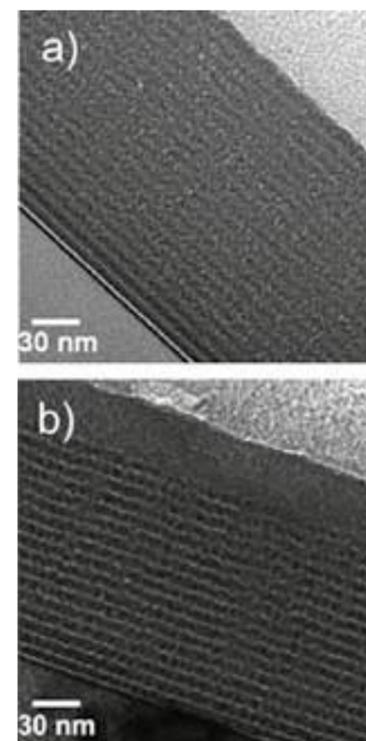


Abb. 4: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahmen einer Probe mit 20 SiO-SiO₂-Doppelschichten (a) vor und (b) nach der Phasenseparation (1050 °C für 30 min in einer Stickstoff-Atmosphäre). (Heitmann et al., 2016)

700–950 nm variiert. Zusätzlich können diese Strukturen mit dem Seltenerdmetall Erbium (Er) dotiert werden. Durch einen resonanten Energietransfer kann nun die Lichtemission des Er^{3+} -Ions um einen Faktor von bis zu 4000 verstärkt werden. Sperrt man nun diese Schichten in einen kleinen, ca. 30 nm dicken Spalt einer Si-Wellenleiterstruktur ein, führt das aufgrund des starken Brechungsindexkontrasts zwischen Spalt und Rest des Wellenleiters zu einer sehr starken Überhöhung des elektrischen Feldes der elektromagnetischen Welle des eingekoppelten Lichts. Aufgrund dieser starken Überhöhung können zusätzlich zur Lichtemission auch nichtlineare optische Effekte in diesem nanokristallinen System auftreten. Diese Effekte sind ein weiterer Baustein einer integrierten Optoelektronik und damit in Richtung hin zu einem vollständig optischen Rechner.

Ge-Nanokristalle in Hoch-Epsilon-Materialien

Die schon erwähnte ausgezeichnete SiO_2 -Passivierung der Si-Oberfläche ist der wesentliche Grund für die Omnipräsenz dieses Materials in der Mikro- und Nanoelektronik. Andere Halbleitermaterialien

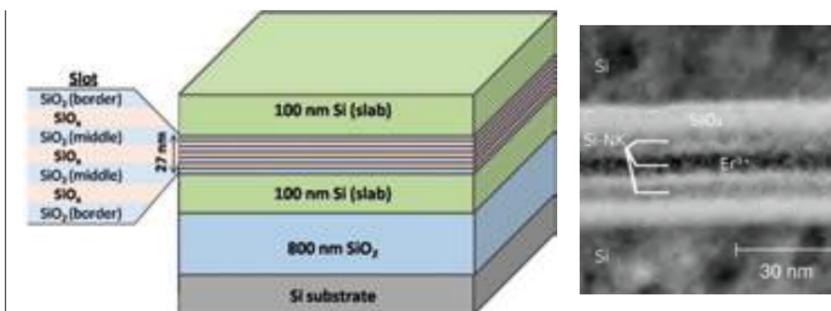


Abb. 5: links: Schichtabfolge für eine Si-Wellenleiterstruktur mit SiO/SiO_2 -Übergittern in einem 27 nm weiten Spalt. Rechts: Hellfeld-STEM-Aufnahme der Spalt-Region einer Spalt-Wellenleiter-Struktur. Die erfolgreiche Implantation der Er^{3+} -Ionen in die mittlere Si-Nanokristall-Lage ist deutlich an dem dunkleren Kontrast sichtbar. (Hoffmann et al., 2015)

– wie beispielsweise Ge oder GaAs – weisen wesentlich bessere elektronische und im zweiten Fall auch optische Eigenschaften auf, können aber leider kein so stabiles Oxid zur Oberflächenpassivierung aufweisen. Das hat zur Folge, dass Ge in der Nanoelektronik bisher nur in einer SiGe-Verbindung verwendet wird.

Am IAP wurde eine selbstorganisierte, größenkontrollierte Nanostrukturierung von Ge durch eine In-situ-Entmischung aus den Ge-dotierten Hoch-Epsilon-Materialien ZrO_2 und TaZrO_x – ähnlich wie beim SiO/SiO_2 -System – genutzt, um die gute Passivierung des Ge und die besonderen Eigenschaften des nanokristallinen Materials gleichzeitig zu nutzen. Die sehr geringe Lichtemission dieses Systems zeigt, dass die Oberflächenpassivierung nach wie vor nicht an die des Si/ SiO_2 -Systems heranreicht [Lehninger et al., 2015a]. Es konnte dennoch ein sog. Nano-Floating-Gate-Bauelement mit guten Eigenschaften hergestellt werden [Lehninger et al., 2015b].

Ein Floating-Gate-Transistor wird in der gegenwärtigen Technologie für nichtflüchtige Datenspeicher (Flash-Memories)

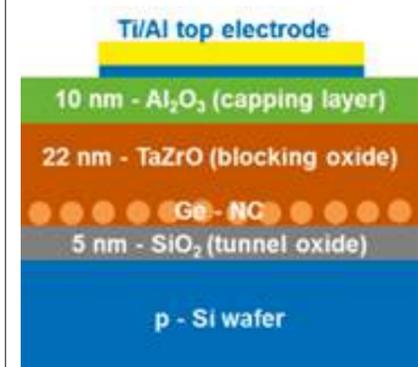
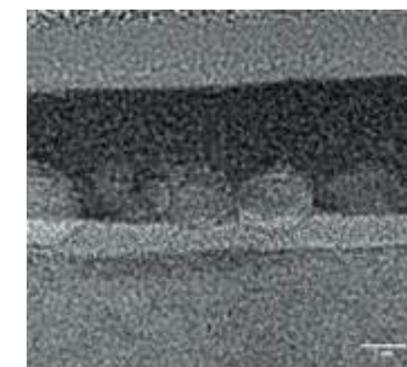


Abb. 6: Schichtaufbau eines Nano-Floating-Gate-Bauelements mit nanokristallinem Ge als Speicherschicht – rechts: HRTEM-Aufnahmen von Proben mit einer Schicht aus Ge-Nanokristallen nach einer Temperung bei 700 °C [Lehninger et al., 2015b].

eingesetzt. Diese Speicher sind gegenwärtig Hauptbestandteil jedes USB-Sticks oder jedes Solid-State-Disc-Drives (SSD). Dabei wird Ladung von einem Transistor-Kanal aus in ein vergrabenes Material (gegenwärtig poly-Si oder SiN) geschrieben. Die Verschiebung der Einsatzspannung des Transistors steht dabei für die gespeicherte Ladung und damit für eine gespeicherte „1“ oder „0“.

Durch den Einsatz von nanokristallinen Halbleitern können lokale Leckströme reduziert und gleichzeitig durch Nutzung des Coulomb-Blockade-Effekts Speicherzellen kreiert werden, die nicht nur zwei Zustände („0“ und „1“), sondern mehrere Zustände („0“, „1“, „2“, usw.) speichern. Dabei schirmt die gespeicherte Ladung den Nanokristall gegenüber zusätzlich zur Einschreibung anstehende Ladungen ab und erhöht somit die Barriere, die überwunden werden müsste, um weitere Ladungen im Nanokristall zu speichern. Dadurch ergibt sich eine jeweils unterschiedliche Spannung, die man benötigt, um ein, zwei, drei, usw. Elektronen oder Löcher in den Nanokristall zu schreiben.

In den beschriebenen Ge-Nano-



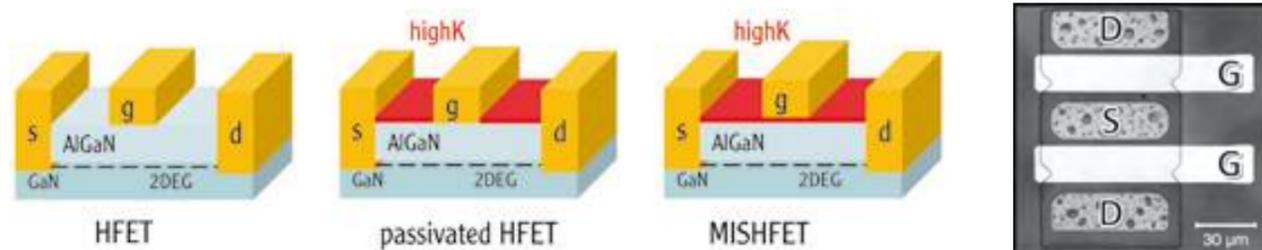


Abb. 7: Links: Entwicklung vom herkömmlichen HFET über eine passiviertes HFET bis hin zu einem MISHFET. Rechts: Im Zentralen Reinraumlabor der TU Bergakademie Freiberg hergestellter GaN-MISHFET mit Al_2O_3 als Gatedielektrikum. Zwischen den symmetrisch angeordneten Source- und Drain-Kontakten (S/D) fließt ein Strom über das zweidimensionale Elektronengas (2DEG). Bei Anlegen einer negativen Spannung an den Gateelektroden (G) wird das 2DEG abgeschnürt und der Transistor schaltet aus.

kristall-basierten Bauelementen konnte ein Speicherfenster von bis zu 7 V erreicht und seine lineare Vergrößerung mit steigender Schreibspannung gezeigt werden. Diese Ergebnisse sind äußerst vielversprechend. Wissenschaftlich interessant ist dabei die beschriebene In-situ-Passivierung des Ge durch die Entmischung des substöchiometrischen Ge-TaZrO_x -Gemisches bei einer Temperung.

Hoch-Epsilon-Materialien für GaN-Bauelemente

Ein weiterer Schritt, der sich bei der Integration von Ge in die Si-Technologie schon anbahnt, ist die Implementierung von neuen Kanal-Materialien. Derzeit wird weltweit an der lokalen Epitaxie von Ge und III-V-Materialien – wie zum Beispiel GaAs auf Si – geforscht. Ein weiteres Grundmaterial, dem ein erhebliches Potenzial bescheinigt wird, ist GaN. Seine sehr große Bandlücke (3,44 eV) und die hohe Elektronenbeweglichkeit machen dieses Material zu einem idealen Kandidaten für Hochfrequenz- und Hochspannungsanwendungen (wie beispielsweise in Photovoltaik-Konvertern). Ursprünglich wird in den verwendeten Bauelementen statt eines isolierenden Gateoxids ein zweites Halbleitermaterial mit noch höherer Bandlücke, wie zum Beispiel AlGaIn, epitaktisch aufgewachsen. Diese Bauelemente nennt man Hetero-Feldeffekt-Transistoren (HFET). An der epitaktisch gewachsenen Schicht führen Polarisationsladungen dazu, dass Elektronen an die Grenzfläche gezogen werden und sich so ohne zusätzlich angelegte Spannung ein zweidimensionales Elektronengas (2DEG) ausbildet, was wiederum einen leitenden Kanal darstellt. Diese Bauelemente nennt man „normally on“- also „Im-Normalfall-An“-Transistor. Durch Anlegen einer negativen Spannung am Gate-Kontakt kann der Kanal ausgeschaltet werden. In der aktuellen Forschung werden zudem verschiedene Dünnschichtoxide mit

dem Ziel einer weiteren Reduzierung des Gate-Leckstroms untersucht. Der HFET wird damit zum MISHFET (Metall-Isolator-Halbleiter HFET). In Abb. 7 ist ein MISHFET, hergestellt im Zentralen Reinraumlabor der TU Bergakademie Freiberg, gezeigt. Als Gatedielektrikum wird in diesem Fall Al_2O_3 genutzt. Mit diesen Transistoren konnte der Gate-Leckstrom weiter reduziert werden und ein An-zu-Aus-Verhältnis des Source-Drain-Stroms von bis zu zehn Größenordnungen realisiert werden. Ein Grund dafür war auch die Einführung eines neuartigen Vanadium-basierten Kontaktmaterials, das am IAP entwickelt wurde [Schmid et al., 2015]. Momentan werden weitere Hoch-Epsilon-Schichten in Kombination auf AlGaIn-GaN-Heterostrukturen abgedünnt und hinsichtlich einer weiteren Verbesserung der Bauelementeigenschaften untersucht.

Zusammenfassung

Eine Vielzahl von neuen Materialien und Funktionalitäten dringt in den Bereich der Nanoelektronik hinein. Dabei spielen neuartige Basismaterialien, wie beispielsweise GaN und Ge, genauso eine Rolle wie neuartige Dünnschichtoxide mit hoher Dielektrizitätskonstante. Durch die voranschreitende Miniaturisierung der Bauelemente werden Quanteneffekte – wie Tunnelprozesse oder sog. Quantum-Confinement-Effekte – immer relevanter. Am IAP der TU Bergakademie Freiberg werden neuartige Hoch-Epsilon-Materialien synthetisiert und bis hin zur Integration in Bauelementen, wie GaN-basierten Transistoren oder Silizium-basierten Kondensatoren, untersucht. Durch Dotierung können unterschiedliche kristalline Phasen der Materialien stabilisiert und damit unterschiedliche Eigenschaften realisiert werden. Darüber hinaus werden die quantenmechanischen Effekte, die durch die Verkleinerung der Strukturen von nanokristallinem Si und Ge auftreten, genutzt,

um neuartige elektronische und optoelektronische Bauelemente herzustellen.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Dr. Klemm vom Institut für Werkstoffwissenschaft für die Anfertigung der TEM- und HRTEM-Messungen. Dem Team des Zentralen Reinraumlabor der TU Bergakademie Freiberg sei für die Prozessierung der MIS-Kondensatoren und die begleitende Prozessentwicklung herzlich gedankt. Besonders sind hier Frau Dr. B. Abendroth und Herr Dipl.-Ing. M. Haverkamp zu nennen. Teilweise wurden die hier vorgestellten Arbeiten über den EFRE-Fond der EU und durch Mittel des Freistaats Sachsen (Projekt: MERLIN) gefördert. Die Arbeiten insgesamt wurden durch den Exzellenzcluster „Structure Design of Novel High-Performance Materials via Atomic Design and Defect Engineering (ADDE)“, gefördert durch den EFRE-Fond der EU und das Sächsische Ministerium für Wissenschaft und Kunst, unterstützt.

Literatur

- Heitmann, J., F. Schneider, A. Schmid, D. Lehninger, J. Beyer, R. Hoffmann, P. Seidel, and F. Kersten, 2016, in: Glanzlichter der Forschung. An der TU Bergakademie Freiberg 250 Jahre nach ihrer Gründung, edited by U. Groß (Chemnitz Verlag und Druck, Chemnitz), p. 168.
- Hoffmann, R., J. Beyer, V. Klemm, D. Rafaja, B. C. Johnson, J. C. McCallum, and J. Heitmann, 2015, “Erbium-doped slot waveguides containing size-controlled silicon nanocrystals”, J. Appl. Phys. 117, 163106.
- Lehninger, D., J. Beyer, F. Schneider, A.-S. Pawlik, and J. Heitmann, 2015a, “Size and Shape Controlled Semiconductor Nanocrystals Synthesized by RF-Sputtering Techniques for Electronic and Optoelectronic Applications”, Contrib. Plasma Phys. 55, 714.
- Lehninger, D., P. Seidel, M. Geyer, F. Schneider, V. Klemm, D. Rafaja, J. von Borany, and J. Heitmann, 2015b, “Charge trapping of Ge-nanocrystals embedded in TaZrO_x dielectric films”, Appl. Phys. Lett. 106, 23116.
- Schmid, A., C. Schroeter, R. Otto, M. Schuster, V. Klemm, D. Rafaja, and J. Heitmann, 2015, “Microstructure of V-based ohmic contacts to AlGaIn/GaN heterostructures at a reduced annealing temperature”, Appl. Phys. Lett. 106, 53509.

Aufbereitungsmaschinen für eine nachhaltige Rohstoffversorgung

Holger Lieberwirth, Professur für Aufbereitungsmaschinen am Institut für Aufbereitungsmaschinen (IAM)

Ein weltweit wachsender Rohstoffbedarf bei tendenziell sinkenden Erzgehalten erfordert immer größere aufzubereitende Rohstoffmengen. Nach Schätzungen werden derzeit ca. 5–7 % der weltweit erzeugten Elektroenergie allein für die unumgänglichen Zerkleinerungsprozesse eingesetzt, wobei nur ca. 1 % dieser Energiemenge effektiv in die Schaffung neuer Oberflächen, d. h. in tatsächliche Zerkleinerung, umgesetzt wird. Die Effizienz von Aufbereitungsmaschinen beeinflusst über die Wahl des wirtschaftlich optimalen Cut-off-grades maßgeblich die aus einer Lagerstätte ausbringbare Rohstoffmenge. Ein tieferes Verständnis der Mechanismen bei der Zerkleinerung und die daraus abgeleitete Entwicklung effizienterer Maschinen und Prozesse zur Aufbereitung primärer und sekundärer Rohstoffe stehen deshalb im Mittelpunkt der Forschung am Institut für Aufbereitungsmaschinen (IAM). Für die erforderlichen Untersuchungen steht den Forschern dabei neben einem mit umfangreicher Maschinenteknik exzellent ausgestatteten Technikum auch eine Versuchsanlage in einem Steinbruch in der Nähe Freibergs zur Verfügung.

Forschung

Der die vergangenen Jahrzehnte prägenden Entwicklung immer größerer Aufbereitungsmaschinen sind aus verschiedenen Gründen Grenzen gesetzt. Die Zukunft gehört intelligenteren Maschinen. Dabei erlauben es neue Analysemethoden, die Maschinen und Prozesse direkter auf die Materialeigenschaften abzustimmen. Auf der Basis optischer Mikroskopie wurde am IAM beispielsweise die Quantitative Mikrostruktur-Analyse (QMA) entwickelt (Abb. 1). Sie ermöglicht die Quantifizierung bestimmter, für Aufbereitungsprozesse wichtiger Eigenschaften mineralogischer Gefüge. Derzeit wird einerseits an einer Weiterentwicklung der Methode – mit dem Ziel einer einfacheren Datenerhebung – und andererseits an den für eine umfangreichere Nutzung der gewonnenen Daten entscheidenden Schnittstellen, zum Beispiel für Simulationen nach der Diskrete-Elemente-Methode (DEM), gearbeitet. Ergebnisse der QMA und weiterer mineralogischer Analysen unterstützen auch die Forschungen zur selektiven Zerkleinerung. Diese wurde in der Vergangenheit bereits gelegentlich empirisch

beschrieben, jedoch kaum systematisch untersucht. Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit einer effizienzsteigernden, möglichst frühzeitigen Trennung werthaltiger und wertarmer Gefügebestandteile in den Aufbereitungsprozessen gewinnt sie jedoch neu an Bedeutung. Forschungen am IAM zeigen, dass selektive Zerkleinerung sowohl Eigenschaft eines Zerkleinerungssystems, bestehend aus einem für selektive Zerkleinerung prinzipiell geeigneten Material und einer zur Erschließung dieses Potenzials geeigneten Maschine, ist, als auch – entsprechendes Systemverständnis vorausgesetzt – als Methode gezielt eingesetzt werden kann. Bei geeigneter Kombination entsprechender Betriebsparameter ist es beispielsweise möglich, eine substanzelle Anreicherung des Wertstoffs in der feinen Fraktion bei gleichzeitiger Abreicherung in der groben Fraktion zu erreichen. In diesem Fall genügt dann ein einziger Klassierschritt zur Herstellung eines Konzentrats. Aufgrund seines einfachen Prinzips bietet sich das Verfahren gerade auch für die künftig verstärkt zu erwartende Vor-Ort-Aufbereitung an. Bei dieser wird das gewonnene Haufwerk

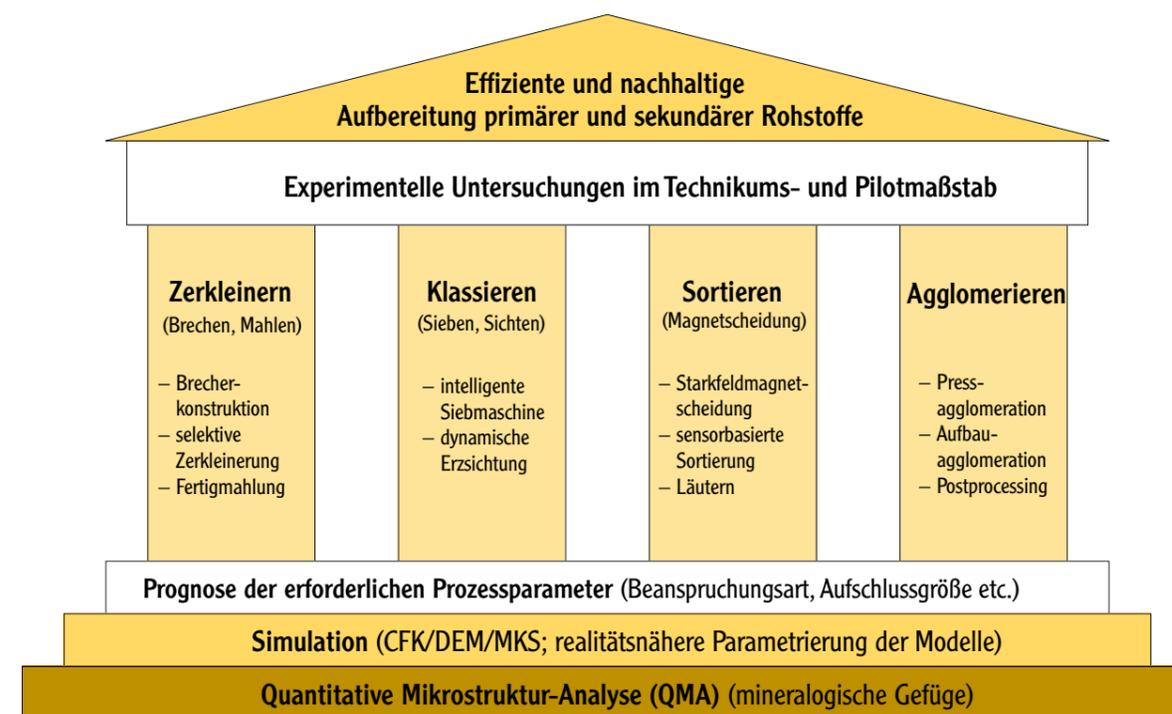


Abb. 1: Forschungsprofil des Instituts für Aufbereitungsmaschinen

in unmittelbarer Nähe des Abbauborts aufbereitet und vorangereichert. Bergebestandteile können so auf kürzestem Wege wieder versetzt werden, und nur das Vorkonzentrat verlässt das Bergwerk. Auf diese Weise werden unnötige, energieaufwändige Transporte ebenso auf ein Mindestmaß beschränkt wie umweltbeeinträchtigende Außenkippen. Ein modernes Beispiel für ein solches Bergwerk, bei dem die Vorkonzentration allerdings mittels optischer Sortierung erfolgt, ist das Flussspatbergwerk Niederschlag in der Nähe von Freiberg. Durch Einsatz moderner Technologien wurden hier mit dem Bergbau häufig assoziierte negative Auswirkungen auf die Umwelt weitgehend vermieden und soziale Akzeptanz für den Neuaufschluss erzielt. Ansätze zur weitgehend selektiven Zerkleinerung sollen in mehreren Forschungsprojekten, an denen das IAM beteiligt ist, ausgebaut und genutzt werden, u. a. bei der Aufbereitung feinkörniger polymetallischer heimischer In/W/Sn-Komplexerze (AFK) im Rahmen des r⁴-Programms, des Micromin-Netzwerks und im Team der Nachwuchsforschungsgruppe InnoCrush (ESF-Förderung). Im Rahmen des ELIZE-Projekts (ebenfalls r⁴-Programm) soll eine Pilotanlage entstehen, mit der durch Hochspannungsimpulse selektive Zerkleinerungseffekte erzielt werden.

Ein weiterer, auf Nachhaltigkeit orientierter Aspekt der selektiven Zerkleinerung kann die Reduktion des Wassereinsatzes zur Herstellung von Vorkonzentraten sein. Wasser für die Aufbereitung wird tendenziell immer teurer, bedingt einerseits durch seine Knappheit in vielen Rohstoffregionen und andererseits durch steigende Anforderungen an die Qualität der Wasseraufbereitung, selbst in Regionen mit ausreichendem Wasseraufkommen. In diesem Kontext ist trockene Aufbereitung ein weiteres, übergeordnetes Forschungsthema am IAM. Durch den Einsatz von Brechern mit anschließender Gutbettzerkleinerung, beispielsweise in Walzen- oder Wälzmühlen (Abb. 2), lässt sich im Vergleich zu den bisher in diesem Sektor überwiegend eingesetzten Sturzmühlen nicht nur der Wasser- und Energieverbrauch deutlich senken. Auch das Ausbringen, bspw. bei anschließender Flotation, kann dabei erhöht werden. Neue Herausforderungen stellt die trockene Aufbereitung aber auch an die Klassier- und Sortierprozesse. Bei vielen Feinzerkleinerungsverfahren ist eine kontinuierliche Abtrennung des Feinanteils aus dem Mahlgut erforderlich.



Abb. 2: Walzenmühlenversuchsstand am IAM

Einerseits stößt der dabei übliche Einsatz von Trockensiebung bei sehr feinen Klassiergütern und hohen Durchsätzen schnell an Grenzen. Andererseits müssen bei der Sichtung von Erzen Einflüsse von häufig hohen Dichteunterschieden und Verschleiß beherrscht werden.

Auf dem für trockene Aufbereitung prädestinierten Einsatzfeld der Fe-Anreicherung im Eisenerz erfolgt zwischen den einzelnen Zerkleinerungsschritten häufig eine Abtrennung von Bergebestandteilen durch Nassmagnetscheidung. Neue Modelle zur Nassmagnetscheidung werden am IAM im Rahmen des OptimOre-Projekts (Horizon 2020) erarbeitet. Jedoch ist auch für die Magnetscheidung im Fall einer trockenen Aufbereitung eine Alternative zu finden. Einsparung von Wasser und Energie ist auch das Ziel aktueller Untersuchungen am IAM auf dem Gebiet des Läuterns. Hier wurde kürzlich gemeinsam mit HEM Engineering, einem An-Institut der TU Bergakademie Freiberg, mit dem Friction-Clean eine Maschine entwickelt, die mit intensiver Scherbeanspruchung des Aufgabeguts bei geringem Wasserverbrauch deutlich bessere Reinigungsergebnisse erzielt als andere Läuteraggregate. Mittlerweile ist das Resultat dieser Entwicklung im industriellen Einsatz – dort, wo Althalden aufzuwältigen und darin enthaltene Wertstoffe zurückzugewinnen sind. Für den Einsatz dieser genannten Maschine gibt es aber auch bei der Aufbereitung von Rohstoffen aus lateritischen Lagerstätten und im Recycling interessante Perspektiven.

Für die Aufbereitung von Rohstoffen aus lateritischen Lagerstätten bieten auch

Agglomerationsverfahren, ein weiteres Forschungsgebiet am IAM, interessante Optionen. Durch energetisch günstige Aufbauagglomeration können beispielsweise Pellets hergestellt werden, die man in einem nachfolgenden Schritt einer kostengünstigen Haldenlaugung unterzieht. Ein weiteres Ziel aktueller Arbeiten am IAM liegt auf dem Gebiet der Pressagglomeration, wenn es darum geht, möglichst stabile und abriebfeste Granulate – zum Beispiel bei Düngemitteln – herzustellen.

Forschungen zur Aufbereitung von Sekundärrohstoffen gewinnen am IAM mehr und mehr an Bedeutung. Dies betrifft insbesondere das Recycling von Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden. Mit dem Ziel, den Leichtbau voranzubringen, werden Werkstoffauswahl und -einsatz immer genauer an lokale Beanspruchungsprofile angepasst. Dem Aufschluss und der Wiederverwertung von Kohlenstofffasern kommen angesichts des enormen Energieeinsatzes bei der Herstellung der Primärfasern eine besonders hohe Bedeutung zu. Vor diesem Hintergrund forscht das IAM im Rahmen der Projekte FOREL und RELEI sowohl an neuen Technologien zum Aufschluss als auch zur Charakterisierung der Fasern. Unter Federführung der TU Dresden werden gemeinsam mit Projektpartnern aus der Industrie darüber hinaus Strategien für die Wiederverwendung solcher Fasern entwickelt.

Lehre

Die Lehre ist wichtige Aufgabe eines Universitätsinstituts. Sie vermittelt einerseits fachliche Grundlagen für einen erfolgreichen Start junger Menschen ins



Abb. 3: Enge Verbindung von Forschung und Lehre am IAM

Berufsleben. Andererseits sichert sie durch die Einbeziehung Studierender in aktuelle Forschungsthemen den wissenschaftlichen Nachwuchs für Universitäten und Forschungseinrichtungen – ebenso wie die schnelle Umsetzung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis (Abb. 3).

Die beruflichen Perspektiven für Absolventen der Vertiefungsrichtung Aufbereitungsmaschinen sind sehr vielfältig. Einsatzmöglichkeiten gibt es sowohl im Maschinen- und Anlagenbau, in einer der mitarbeiterstärksten Branchen der deutschen Industrie, als auch in Rohstoffunternehmen selbst. Absolventen und Promovenden des IAM bekleiden heute leitende

Positionen in namhaften Unternehmen. Ziel der Aktivitäten in den kommenden Jahren muss es sein, durch eine noch attraktivere Ausbildung und bessere Außenwirkung das hervorragende Ranking der TU Bergakademie Freiberg auch in höhere Studierendenzahlen umzusetzen.

Verantwortung

Forschung und Lehre am IAM finden in einem gesellschaftlichen Umfeld statt, das von gegenseitiger Verantwortung geprägt ist. Es eröffnet Studierenden und Forschungspartnern, aber auch Mitarbeitern vielfältige Möglichkeiten. Damit verbunden ist aber auch die Verantwortung, die Forschung zu Aufbereitungsmaschinen

– als wichtige Facette im Kompetenzspektrum der TU Bergakademie Freiberg einst von Prof. Höffl begründet und von Prof. Unland fortentwickelt – weiter zu stärken und zu profilieren. Gerade die Zusammenarbeit mit Forschungspartnern in der vielfältigen Freiburger Forschungslandschaft, aber auch auf internationaler Ebene – von Russland bis Australien und Chile – bringt zahlreiche neue Anregungen und Ideen hervor. Das IAM versteht sich aber selbstverständlich auch als Forschungspartner der Industrie. Eine oft über Jahrzehnte gewachsene Zusammenarbeit mit Industriepartnern, wie bspw. der Firma Köpfern, ist Beleg für gegenseitiges Vertrauen und wechselseitige Anerkennung. Auch die Einbindung in Verbände wie VDMA, SOMP, SME, MIRO oder GDMB spielt eine wichtige Rolle bei der Identifikation künftiger Forschungsschwerpunkte. Hier sehe ich mich als Institutsdirektor mit langjähriger Erfahrung in leitenden Positionen der Industrie in der besonderen Verantwortung, durch die Vernetzung der verschiedenen Partner in Forschung und Lehre mit ihren durchaus unterschiedlichen Interessen Impulse zu geben und für jeden Beteiligten neue Möglichkeiten aufzuzeigen – immer mit dem Ziel, innovative Aufbereitungsmaschinen für eine wirtschaftlich erfolgreiche, nachhaltige Rohstoffwirtschaft zu entwickeln – für einen eines Tages „unsichtbaren“, gesellschaftlich akzeptierten, vielleicht sogar einmal „mannlosen“ Bergbau, der die Menschen zuverlässig mit den notwendigen Rohstoffen versorgt.

Entfernung von Sauerstoff aus Biogas zur Sicherung der Erdgasinfrastruktur

Toni Raabe^{1,2}, Hartmut Krause^{1,3}, Norman Schreiter² und Sven Kureti²

Einführung

Eine der großen Herausforderungen der Energiewirtschaft ist die bedarfsgerechte Erzeugung und Bereitstellung

1 DBI - Gasttechnologisches Institut gGmbH Freiberg; toni.raabe@dbi-gti.de

2 Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Professur Reaktionstechnik, TU Bergakademie Freiberg; norman.schreiter@iec.tu-freiberg.de, sven.kureti@iec.tu-freiberg.de

3 Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Professur Gas- und Wärmetechnische Anlagen, TU Bergakademie Freiberg; hartmut.krause@iwtt.tu-freiberg.de

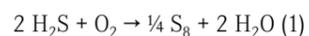
von elektrischem Strom. Durch die zunehmende Einspeisung von Strom aus „erneuerbaren Energiequellen“ verschärfen sich jedoch die Anforderungen an eine gesicherte Stromversorgung, da insbesondere der Eintrag durch Wind und Sonne unregelmäßig und kaum steuerbar stattfindet. „Wind- und Solarenergie“ sind daher nicht grundlastfähig, im Gegensatz zu Biomasse und insbesondere Biogas. Ein entscheidender Vorteil des Energieträgers Biogas ist die Möglichkeit der Speicherung im bestehenden Erdgasnetz. Die Einspeisung von aufbereitetem Biogas ist aber mit

zahlreichen Aufwendungen verbunden. Zur Erreichung der Zielsetzung der Bundesregierung von 6 Mrd. Nm³ Biomethan im Jahr 2020 wäre ein Neubau von ca. 1.200 bis 1.800 mittelgroßen (4 MW(th)) bis großen (6 MW(th)) Biomethanaufbereitungs- und -einspeiseanlagen notwendig. Daher ist davon auszugehen, dass vermehrt jahreszeitabhängige Überangebote an Biogas in örtlichen Verteilnetzen auftreten werden. Dies macht die Rückspeisung von Biogas in vorgelagerte Transportnetze erforderlich. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass sauerstoffhaltiges Biogas

in angeschlossene Untergrundspeicher und grenzüberschreitende Pipelines gelangen kann. Des Weiteren werden vermehrt Biogaseinspeiseanlagen direkt an Transportnetze angeschlossen (Abb. 1).

Für die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in das öffentliche Erdgasnetz sind die Anforderungen des DVGW-Regelwerks⁴ einzuhalten. Das aufbereitete Gas, im Folgenden als Biomethan (CH₄) bezeichnet, kann dabei als Zusatz- oder Austauschgas eingespeist werden. Die folgenden Anforderungen an ein Austauschgas zur Einspeisung in das Erdgasnetz ergeben sich aus den Arbeitsblättern G 260 und G 262 des DVGW-Regelwerkes (Tabelle 1) [2, 3].

In Hinblick auf die Sicherheit der Erdgasinfrastruktur ist Sauerstoff (O₂) als problematische Gaskomponente einzuschätzen [4, 5]. Das DVGW-Arbeitsblatt G 263 enthält Aussagen über die Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe für Anlagen der Aufbereitung, der Fortleitung und Speicherung von Erdgas [6]. Daraus geht hervor, dass die Korrosion mit steigendem Sauerstoffgehalt zunimmt. So ist bereits ab einem Sauerstoffpartialdruck von 0,005 bar mit Flächenkorrosion bei unlegierten Stählen zu rechnen. Darüber hinaus nimmt die Korrosionswahrscheinlichkeit durch gelöste Salze sowie Kohlendioxid (CO₂) und Schwefelwasserstoff (H₂S) zu. In Untertage-Gasspeichern (UGS), allen voran in Poren- oder Aquiferspeichern, kommt es schon bei geringen Konzentrationen von Sauerstoff zu Korrosionserscheinungen und zur Bildung von elementarem Schwefel. Dabei wird Schwefelwasserstoff in Gegenwart von Sauerstoff und Feuchtigkeit oxidiert:



Der gebildete elementare Schwefel kann Porenräume und -kanäle der Lagerstätten verstopfen. Zudem sind Metallhydroxid- ausfällungen aufgrund möglicher Pyritoxidation und verstärkter Bildung biologischer Ablagerungen infolge erhöhter Bioaktivität zu nennen. Im schlimmsten Falle kommt es zum irreversiblen Verschluss der Poren, und der Porenspeicher kann nicht mehr genutzt werden. Zudem tritt Korrosion auch in Unter- und Obertaageeinrichtungen auf [7; Davydov].

Vor diesem Hintergrund wird in der EASEE-gas-Richtlinie⁵ CBP 2005-011-02 –

⁴ DVGW = Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
⁵ European Association for the Streamlining of Energy Exchange – gas

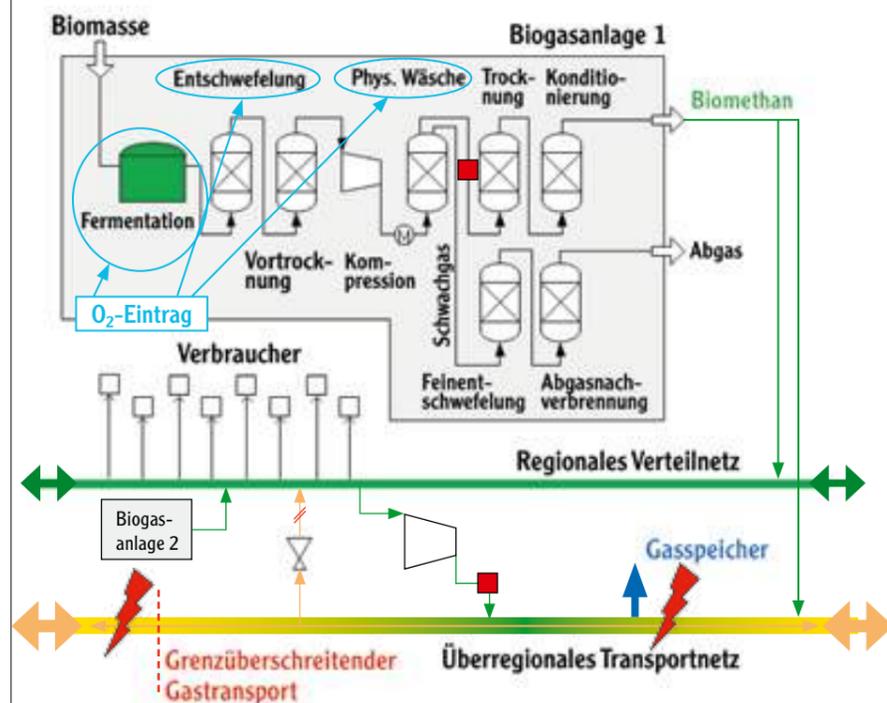


Abb. 1: Typische Konfiguration einer Biogaserzeugungs- und Aufbereitungsanlage (physikalische Wäsche), inklusive der Optionen für die zukünftige bedarfsgerechte Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz (■ mögliche Standorte für eine O₂-Entfernung; — Biogas; — Erdgas) [1]

Tabelle 1: Anforderungen der Gasqualität an ein Austauschgas nach den DVGW-Arbeitsblättern G 260, G 262 [2, 3] * MOP = maximum operating pressure

Gasbestandteil	Maximale Anteile
Sauerstoff	max. 3 Mol.-% bei Netzen mit p < 16 bar (MOP*) max. 10 ppm in Hochdrucknetzen (p > 16 bar (MOP)), an Übergabepunkten zu Untergrundspeichern und an Grenzübergabepunkten
Kohlendioxid	max. 10 Mol.-% (L-Gas-Netz), max. 5 Mol.-% (H-Gas-Netz)
Schwefelwasserstoff	max. 5 mg/m ³ (in Ausnahmefällen kurzzeitig 10 mg/m ³)
Wassergehalt	max. 200 mg/m ³ (p ≤ 10 bar), max. 50 mg/m ³ (p > 10 bar)
Brenntechnische Kennwerte	Wobbe-Index, Brennwert, relative Dichte innerhalb der vorgegebenen Grenzen

Gas Quality Harmonisation für das grenzüberschreitende Ferngasleitungssystem ein maximaler O₂-Grenzwert von 10 ppm definiert [6]. Dieser Grenzwert liegt deutlich unter den DVGW-Regelwerksvorgaben. Der DVGW hat im Zuge der Überarbeitung des Arbeitsblatts G 260 im Jahr 2013 den Sauerstoff-Grenzwert der EASEE-gas Richtlinie, bezogen auf die Hochdrucknetze, übernommen [2].

Aus Studien zur Gasqualität ist bekannt, dass der Anteil von Sauerstoff in Biogas mit 0,1 Vol.-% bis 1,8 Vol.-% vergleichsweise hoch ausfallen kann [8; Köppl]. Bei der Mehrheit der Biogasanlagen, die nachwachsende Rohstoffe als Substrat einsetzen, liegt der Sauerstoffgehalt zwischen 0,25 bis 0,65 Vol.-%, im Mittel bei ca. 0,5 Vol.-%. Neben der Substratzufuhr

sind vor allem die Grobentschwefelung mit z. T. angereicherter Luft und die Regeneration der Waschflüssigkeit mit Stripluft bei physikalischen Wäschen (vgl. Abb. 1) typische Quellen für den Eintrag von Sauerstoff [Köppel]. Durch Optimierung der Anlagenkonzepte in Bezug auf die Minimierung des Sauerstoffeintrags sind geringere O₂-Gehalte im Bereich von ca. 0,03–0,3 Vol.-% möglich, vollständig sauerstofffreies Biogas ist jedoch in der Praxis nicht realistisch.

Neben der Biomethaneinspeisung werden mit der Gaskonditionierung durch LPG/Luft-Gemische⁶, dem Sauerstoffzutritt während des Transports und dem Sauerstoffeintrag über Prozesschemikalien

⁶ LPG = Liquefied Petroleum Gas

der Erdgasproduktion (z. B. Wasser, Methanol, Schaumbildner u. a.) weitere Quellen des Sauerstoffeintrags diskutiert.

Verfahren zur Sauerstoffentfernung aus Biogas

Die Möglichkeiten zur O₂-Entfernung aus Biogas bzw. Biomethan werden grundsätzlich in physikalische und chemische Verfahren unterteilt [8]. Die einzelnen Verfahren dieser beiden Kategorien sind in Tabelle 2 aufgelistet. Potenzielle Techniken zur O₂-Konzentrationsminderung bei Biogas sind demnach die kryogene Sauerstoffabtrennung, die Chemisorption an Kupfer oder sulfidierten Eisenoxiden, die chemische Absorption in Natriumsulfid-Lösung, die katalytische Oxidation von Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffen sowie die Reformierung im Teilstrom. Vielversprechende Verfahren sind die O₂-Chemisorption an sulfidierten Eisenoxiden sowie die Methanoxidation. Die folgenden Ausführungen zielen auf diese beiden Verfahrensvarianten ab.

O₂-Chemisorption an sulfidierten Eisenoxiden

Die bisherigen Forschungsaktivitäten im Umfeld von Biogas beziehen sich meist auf die Entschwefelung und somit nicht auf die Sauerstoffentfernung. Dabei werden oft eisenoxidhaltige Adsorbentien in Betracht gezogen [Wang; Gerbeth]. In Bezug auf die Regeneration der schwefelbeladenen Adsorbentien werden Ergebnisse aufgezeigt, die direkt auf die Sauerstoffanlagerung an α-Fe₂O₃ sowie amorphem Fe(OH)₃ nach der Chemisorption von H₂S abzielen [Davydov]. Resultat dieser Untersuchungen ist der Beleg für eine merkliche O₂-Konzentrationsminderung bereits bei Raumtemperatur. Die Menge an chemisorbiertem Sauerstoff ist dabei von der zuvor gebundenen Schwefelwasserstoffmenge sowie von dem Alter des Sorbens abhängig und steigt mit dem Sauerstoffpartialdruck bzw. bei Temperaturerhöhung.

Eine andere Arbeit adressiert die Sauerstoffentfernung an schwefelaktivierten, eisenhaltigen Gasreinigungsmassen (mit aktiver Komponente FeCO₃) [Farha]. Damit ist eine Sauerstoffentfernung bis zu 96 % bereits bei vergleichsweise tiefen Temperaturen und Drücken möglich. Die Effizienz der Adsorbentien ist jedoch zu gering, um den Grenzwert von 10 ppm zu erreichen [6].

Die Entschwefelung an eisenhaltigen Reinigungsmaterialien basiert auf der Chemisorption des Schwefelwasserstoffs

Tabelle 2: Einteilung der Verfahren zur O₂-Entfernung (erweitert nach [8; Köppl])

Physikalische Verfahren	Chemische Verfahren
Adsorption z. B. an Molekularsieben, Aktivkohle	Chemisorption an Übergangs- bzw. Erdalkalimetallen (z. B. Kupfer)
Membranverfahren Poröse bzw. Lösungs-Diffusions-Membranen	Absorption Pyrogallol, Chrom(II)-chlorid (CrCl ₂), Hydrazin (N ₂ H ₄), Natriumsulfid (Na ₂ SO ₃), anorganische Sauerstofffänger der Form ABC ₄ O _{7+δ} (A = Seltenerdelement, B = Ba, C = Co)
Kryogene Separation Kondensation bzw. Rektifikation	Katalytische Oxidation von H ₂ , CH ₄ , höheren Kohlenwasserstoffen (C ₃₊)
	Chemisorption an sulfidierten Eisenoxiden

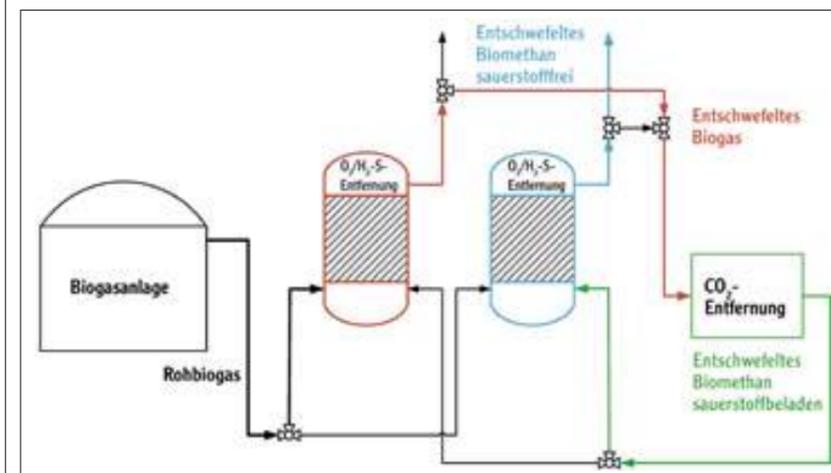
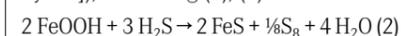
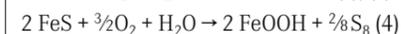


Abb. 2: Fließbild zur simultanen Entschwefelung und Sauerstoffentfernung aus Biogas

an Eisen(III)-oxidhydroxid und/oder Eisen(III)-oxid unter Reaktion zu Eisen(II)-sulfid, elementarem Schwefel und Wasser (vereinfachte Reaktionen nach [Davydov]), Gleichung (2), (3):



Bisher werden eisenhaltige Adsorbentien durch Luftzugabe (1–2 Vol.-% Luft in den Rohgasstrom) in situ regeneriert. Im Verfahren, das in der vorliegenden Arbeit untersucht wird, sollen die schwefelbeladenen Eisenoxide bzw. Eisenoxidhydroxide (Umsetzung zu FeS) zur Restsauerstoffentfernung eingesetzt werden, Gl. (4), (5).



Diese Umsetzungen werden durch entsprechende prozesstechnische Verschaltung der einzelnen Aufbereitungsstufen (H₂S-Entfernung, CO₂-Entfernung, O₂-Entfernung) realisiert. Ein vereinfachtes Fließbild ist in Abb. 2 wiedergegeben.

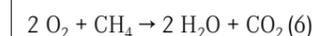
Die prinzipielle Eignung des Verfahrens wurde bereits nachgewiesen [7]. Trotz der vielversprechenden, bisherigen Versuchsergebnisse bei optimalen Betriebsparametern (insb.

Produktgasreinheiten) sind die erreichten Beladungskapazitäten an Sauerstoff nur bedingt zufriedenstellend. Ziel der folgenden Untersuchungen ist die Optimierung der chemischen Zusammensetzung der eisenbasierten Sorbentien, insbesondere Eisenoxide und -oxidhydroxide, in Bezug auf die möglichst vollständige Entfernung von Schwefelwasserstoff und Sauerstoff.

Katalytische Sauerstoffentfernung

Beim Einsatz höherer Kohlenwasserstoffe zur Sauerstoffentfernung werden in kommerziell etablierten Verfahren Sauerstoffgehalte von weniger als 10 ppm erreicht, wodurch einspeisefähiges Gas erzeugt wird. In diesem Fall muss – wie beim Einsatz von Wasserstoff – das Reduktionsmittel separat gelagert und eingespeist werden.

Ein innovativer Ansatz besteht darin, Methan für die katalysierte Sauerstoffentfernung gemäß Gleichung (6) zu verwenden.



Der Vorteil besteht darin, dass das Reduktionsmittel bereits im Gasstrom enthalten ist und dadurch eine kostenintensive externe Bereitstellung nicht erforderlich ist

[1]. Im Vergleich mit elementarem Wasserstoff wird außerdem nur ein Viertel der Brennstoffmenge benötigt. In der Literatur ist derzeit allerdings noch sehr wenig über die unterstöchiometrische („fette“) Methanoxidation bekannt.

Aktuell werden für die „fette“ Methanoxidation, analog zur überstöchiometrischen („mageren“) Methanoxidation, geträgerte Edelmetallkatalysatoren verwendet. Als Aktivkomponente kommt dabei meist Platin oder Palladium zum Einsatz, da diese Systeme aufgrund des Einsatzes in der Abgasreinigung bei Kraftfahrzeugen gut untersucht sind und eine hohe Aktivität für diese Reaktion aufweisen. Nachteilig ist allerdings ihr hoher Preis.

Katalysatoren auf der Basis von Übergangsmetalloxiden, insbesondere von Perowskiten (ABO_3), haben sich bei der Methanoxidation unter sauerstoffreichen Bedingungen als sehr wirksam erwiesen. Diese Mischoxide besitzen prinzipiell ein Potenzial zur Substitution der konventionellen kostenintensiven Edelmetallkatalysatoren.

Experimenteller Teil Experimente zur O_2 -Chemisorption

Ziel der experimentellen Untersuchungen ist die Evaluierung verschiedener Eisenoxide für die kombinierte Schwefelwasserstoff- und Sauerstoffabtrennung gemäß Gleichungen (2) bis (5). Die Ausgangsbasis der systematischen Materialentwicklung bilden die physikalisch-chemische Charakterisierung, das Aktivitätsscreening sowie die darauf basierenden Aktivität/Struktur-Korrelationen. Die wirksamsten Materialien sollen dann auf wissenschaftlichem Weg optimiert werden.

Die getätigte Auswahl der Eisenverbindungen umfasst die komplette Bandbreite von technisch herstellbaren Hydroxiden, Oxiden und Oxidhydroxiden (Firmen LANXESS und ChemPur): $Fe(OH)_3$, α - $FeOOH$, β - $FeOOH$, γ - $FeOOH$, α - Fe_2O_3 , γ - Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . Zu Vergleichszwecken werden kommerzielle eisenbasierte H_2S -Adsorber der Hersteller HeGo Biotec, CS Additive, UGN Umwelttechnik sowie SOXIA getestet.

Zur physikalisch-chemischen Charakterisierung der Sorbentien kommen die Tieftemperatur-Stickstoff-Physisorption, die Quecksilber-Pososimetrie, die Helium-Pyknometrie, die Rasterelektronenmikroskopie (REM), die Röntgendiffraktometrie (XRD), die Temperaturprogrammierte Desorption von NH_3 (NH_3 -TPD) sowie die Mößbauer-Spektroskopie zum Einsatz.

Die Laboranlage für die Sorptionstests

an den Eisenoxiden besteht aus den Komponenten Gaszuführung und -dosierung, Reaktor bzw. einer Versuchskolonne sowie Gasanalyse. Für die Tests wird synthetisches Biogas (2000 ppm H_2S bzw. 5000 ppm O_2 , jeweils N_2 als Balance) eingesetzt (AirLiquide). Den Reaktor bildet ein Quarzglasrohr mit einem Innendurchmesser von 8 mm, das in einen temperaturprogrammierbaren Klapphohofen eingelegt wird. Zwei Thermoelemente des Typs K sind direkt vor und hinter der Schüttung platziert. Das Reingas wird kontinuierlich mit Hilfe eines elektrochemischen (H_2S bis zu 3000 ppm) bzw. paramagnetischen Sensors (O_2 bis zu 2 Vol.-%) gemessen (Emerson). Zur Vereinheitlichung der Testbedingungen wird jeweils der in Tabelle 3 zusammengefasste Versuchsaufbau realisiert. Dabei wird vor der O_2 -Sorption eine potenzielle H_2S -Aufnahme über eine Dauer von 60 min sichergestellt - gefolgt von der Inertisierung in N_2 . Analog wird im Fall der Entschwefelung vorgegangen, wobei sich die Konditionierungsphase über 20 min erstreckt.

Tabelle 3: Versuchsparameter für das Screening der Adsorbentien hinsichtlich der H_2S -/ O_2 -Umsetzung

Adsorptiv	F l/min	u cm/s	c ppm	T °C	dK µm	ϕ -	m_{Kat} mg
H_2S	1	33,16	2.000	35	250–500	1	1.000
O_2	1	33,16	5.000	65	250–500	1	1.000

Die Ergebnisse der Sorptionsexperimente werden in Form einer Durchbruchkurve dargestellt. Als Durchbruchskriterium wird gemäß Literatur $c/c_0 = 0,05$ definiert, d. h., ein Durchbruch (DB) an H_2S bzw. O_2 erfolgt beim Erreichen von 5 % der Eingangskonzentration; X_{DB} ist die entsprechende Aufnahme an Reaktivgas, die Durchbruchbeladung und t_{DB} die Durchbruchzeit. Die Beladung wird zu

$$X_i = \frac{\dot{V}_i \cdot c_{i,0}}{m_{Ads}} \cdot \int_0^t \left(1 - \frac{c_i(t)}{c_{i,0}}\right) \cdot dt$$

berechnet. Sie dient zum Vergleich der Aufnahmekapazitäten der Sorbentien.

Experimente zur katalysierten Methanoxidation

Als Katalysatoren für die Sauerstoffentfernung aus Biogas werden $LaFeO_3$ -Perowskite verwendet, da diese prinzipiell eine hohe Aktivität bei der „mageren“ Methanoxidation aufweisen [Spinicci]. Die Katalysatoren werden auf der Basis der Synthese nach Pechini unter Verwendung

der Komplexbildner Zitronensäure und Ethylenglykol hergestellt [Popa]. Um die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Katalysatoren zu variieren, werden die jeweiligen Proben bei unterschiedlichen Temperaturen kalziniert. Die nach der Kalzinierung erhaltenen Perowskite werden mittels N_2 -Physisorption zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche und mittels Röntgendiffraktometrie (XRD) zur Aufklärung der Kristallstruktur analysiert. Als Referenzmaterial kommt ein kommerziell erhältlicher Pt/Al_2O_3 -Katalysator mit einem Platingehalt von 0,5 Ma.-% zum Einsatz.

Die Sauerstoffentfernung mittels Methanoxidation (Gleichung 6) wird in einem extern beheizten Festbettreaktor durchgeführt. Die Katalysatorschüttung wird aufgrund der starken Exothermie der Methanoxidation mit α - Al_2O_3 verdünnt (Gesamtmasse 200 mg, Korngröße jeweils 125–250 µm). Zur Analyse der Gase CO , CO_2 und CH_4 wird ein NDIR-Spektrometer (Saxon Infralyt 80, bis 2000 ppm CO , bis 5 Vol.-% CO_2 , bis 75 Vol.-% CH_4) verwendet.

Die Bestimmung des Sauerstoffgehalts erfolgt mittels eines elektrochemischen O_2 -Sensors (ProChem OxyTrans, bis 10.000 ppm O_2). Für die Ermittlung der Katalysatoraktivität kommt eine Laborapparatur zum Einsatz, die analog der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Anlage aufgebaut ist. Es wird ein synthetisches Biogas ($y(O_2) = 1$ Vol.-%, $y(CH_4) = 70$ Vol.-%, N_2 -Balance) mit einem Volumenstrom von $500 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ dosiert. Die Messungen werden unter stationären Bedingungen zwischen 300 und 550 °C (Schrittweite: 50 °C) ausgeführt. Vor Beginn der Messung wird der im Reaktor befindliche Katalysator 15 Minuten lang bei 550 °C im Gasstrom ($y(O_2) = 1$ Vol.-%, N_2 -Balance, $500 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$) konditioniert.

Ergebnisse und Diskussion O_2 -Chemisorption an sulfidierten Eisenoxiden

Einige ausgewählte Durchbruchkurven, die bei der H_2S - und O_2 -Sorption an verschiedenen Eisenoxidproben aufgezeichnet werden, sind in Abb. 3 gezeigt.

Die erhaltene Form der Durchbruchkurven weicht von der idealen S-Kurve (reine Physisorption) ab. Die Ursachen dafür sind Transportphänomene, Strukturänderungen innerhalb des Materials aufgrund der Reaktion sowie die Bildung und der Verbrauch von Wasser. Abb. 4 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Sorptionsversuche zusammen.

Abb. 3: Durchbruchkurven bei der H_2S - (oben) und O_2 -Sorption (unten) an ausgewählten Eisenoxidproben. Versuchsbedingungen: s. Tabelle 3

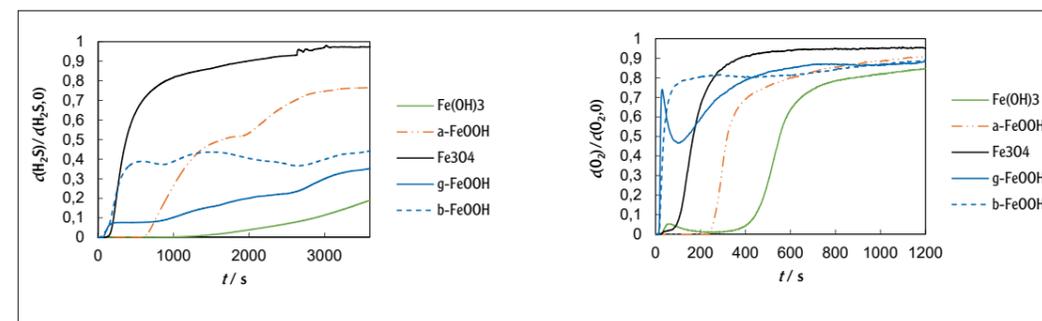


Abb. 4: H_2S - und O_2 -Durchbruch- (links) bzw. -Endbeladungen (rechts) der eingesetzten Eisenoxide. Versuchsbedingungen: s. Tabelle 3

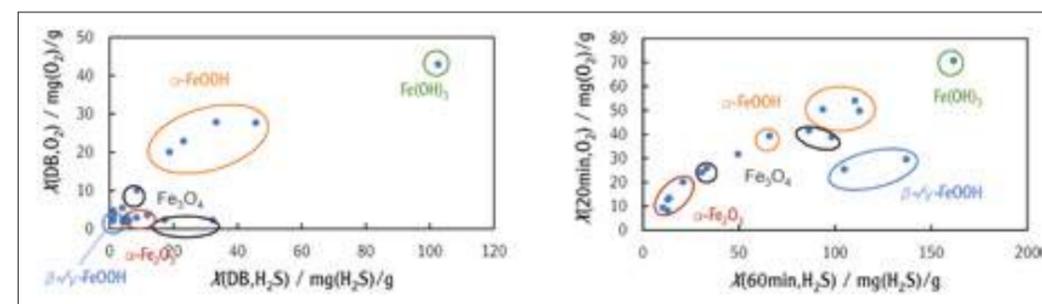


Abb. 5: H_2S - (links) und O_2 -Durchbruchkurven (rechts) der kommerziellen Referenzmaterialien sowie der besten Eisenoxide bzw. Eisenhydroxide. Versuchsbedingungen: s. Tabelle 3

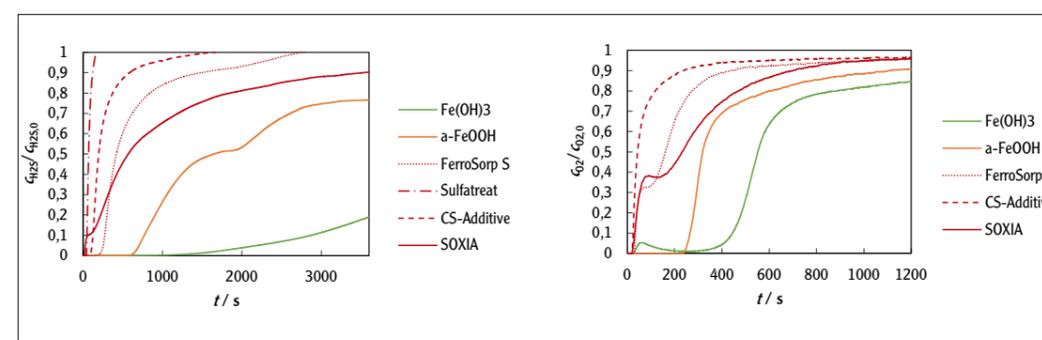
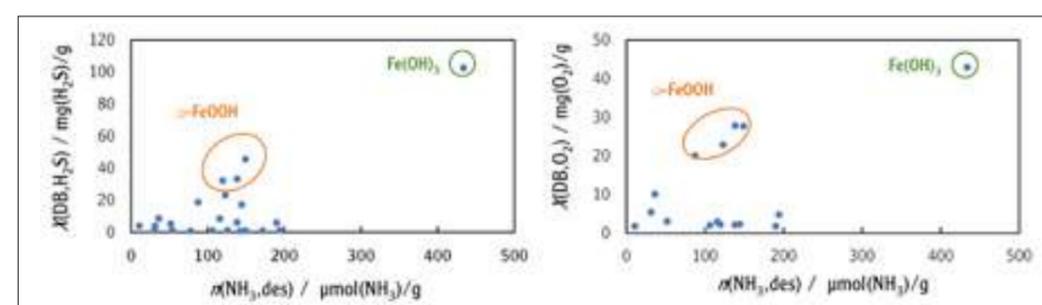


Abb. 6: Durchbruchbeladungen in Abhängigkeit vom Anteil der aciden Zentren (links: Entschwefelung, rechts: Sauerstoffentfernung)



Als Ergebnis dieser Gegenüberstellung ergibt sich folgendes Ranking der Materialien für deren Sorptionseffizienz hinsichtlich H_2S und O_2 : $Fe(OH)_3 > \alpha$ - $FeOOH > \gamma$ - $FeOOH > \alpha$ - $Fe_2O_3 > \beta$ - $FeOOH > \gamma$ - $Fe_2O_3 > Fe_3O_4$.

Demnach sind Eisenoxidhydroxide (α - $FeOOH$) und Eisenhydroxid ($Fe(OH)_3$) am besten für die kombinierte H_2S - und O_2 -Entfernung geeignet. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungen an den eisenhaltigen Referenzmaterialien, dass die kommerziellen Sorbentien eine deutlich geringere Reinigungswirkung besitzen als die besten α - $FeOOH$ - und

$Fe(OH)_3$ -Proben (Abb. 5). Die entwickelten Materialien zeichnen sich sowohl durch eine längere Durchbruchzeit als auch eine höhere Beladung an H_2S (um Faktor 3...10) und O_2 (um Faktor 8...12) aus.

In der Literatur werden für die Sorption von H_2S an Metalloxiden verschiedene aktive Zentren der Materialoberfläche beschrieben. So können insbesondere Brönsted- und Lewis-saure Oberflächenzentren als Adsorptionsplätze für die Initialadsorption fungieren [Davydov]. Abb. 6 zeigt die Korrelationen zwischen der desorbierten Stoffmenge an Ammoniak sowie den Durchbruchbeladungen.

Dabei ist zu erkennen, dass mit zunehmender Menge an Sorptionszentren (bzw. aufgenommenem Ammoniak) die Durchbruchbeladungen an H_2S und O_2 steigen; insbesondere die $Fe(OH)_3$ -Probe weist eine sehr große Konzentration an Adsorptionsplätzen und damit einhergehend hohe Beladungen an H_2S und O_2 auf. Im Unterschied zur Gesamtzahl dieser Zentren scheint die relative Verteilung an Lewis- und Brönsted-sauren/basischen Adsorptionsplätzen jedoch nicht ausschlaggebend für die Beladung zu sein.

Weiterführende Verknüpfungen spezifischer Materialeigenschaften mit der

ermittelten Sorptionseffizienz führen zu einer umfassenden Aktivitäts-/Struktur-Korrelation der Eisenoxide bzw. Eisenhydroxide, die in Abb. 7 schematisch skizziert ist. Demnach spielen neben der Anzahl der Adsorptionszentren insbesondere auch die BET-Oberfläche, die Porosität und die Kristallinität eine wichtige Rolle für die Adsorption von H_2S und O_2 .

Methanoxidation an Perowskiten

Die katalytische Aktivität der hergestellten $LaFeO_3$ -Katalysatoren bei der unterstöchiometrischen Methanoxidation ist in Abb. 8 wiedergegeben, wobei die Proben im Rahmen der Synthese bei unterschiedlichen Temperaturen kalziniert werden. Außerdem ist in Abb. 8 auch die Performance des kommerziellen Pt-Referenzkatalysators dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass an den $LaFeO_3$ -Katalysatoren oberhalb $475^\circ C$ ein vollständiger Sauerstoffumsatz erreicht wird. Bei tieferen Temperaturen sinken die Umsätze. Der bei $600^\circ C$ kalzinierte Perowskit erzielt bei $400^\circ C$ einen Sauerstoffumsatz von 27 % (Abb. 9). Bei Verringerung der Kalzinierungstemperatur auf $450^\circ C$ ist eine leichte Verbesserung der katalytischen Wirksamkeit zu beobachten. So steigt der Sauerstoffumsatz bei $400^\circ C$ auf 31 % an, (höchste Aktivität der eingesetzten Perowskite). Die weitere Verringerung der Kalzinierungstemperatur auf $400^\circ C$ führt jedoch zu einem deutlichen Abfall der Performance (O_2 -Umsatz bei $400^\circ C$ nur noch 17 %). Der kommerzielle Pt-Katalysator erbringt bereits bei $300^\circ C$ die vollständige O_2 -Konversion.

Abb. 9 verdeutlicht, dass die spezifische Oberfläche der Katalysatoren deren Methanoxidationsaktivität maßgeblich bestimmt, denn mit zunehmender BET-Oberfläche steigt der Sauerstoffumsatz kontinuierlich an. So erreicht die Probe mit der größten spezifischen Oberfläche ($30\text{ m}^2 \cdot g^{-1}$) auch den höchsten Sauerstoffumsatz, während der Perowskit mit der kleinsten BET-Oberfläche ($10\text{ m}^2 \cdot g^{-1}$) auch die geringste O_2 -Konversion erbringt. Mit der Vergrößerung der Katalysatoroberfläche sollte auch die Anzahl an katalytisch aktiven Zentren zunehmen.

Außer der Oberfläche spielt vermutlich auch die Kristallinität der Katalysatoren eine wichtige Rolle. In den entsprechenden Röntgendiffraktogrammen (nicht dargestellt) ist erkennbar, dass mit steigender Kalzinierungstemperatur die Intensität der Beugungssignale zunimmt.

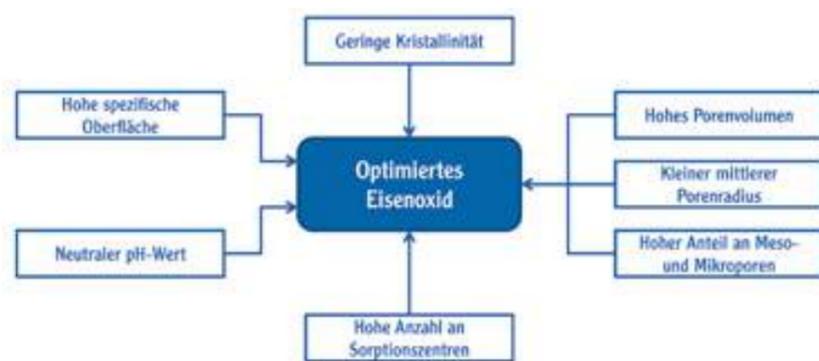


Abb. 7: Bestimmende Eigenschaften von Eisenoxiden bzw. Eisenhydroxiden für die Sorption von H_2S und O_2

Abb. 8: O_2 -Umsatz am Pt/Al_2O_3 -Referenzkatalysator und an den $LaFeO_3$ -Perowskiten in Abhängigkeit von der Kalzinierungstemperatur. Versuchsbedingungen: $y(O_2) = 1\text{ Vol.-%}$, $y(CH_4) = 70\text{ Vol.-%}$, N_2 -Balance, $F = 500\text{ ml min}^{-1}$, $m(LaFeO_3) : m(Al_2O_3) = 1$, Gesamtmasse = 200 mg, $GHSV = 120.000\text{ h}^{-1}$

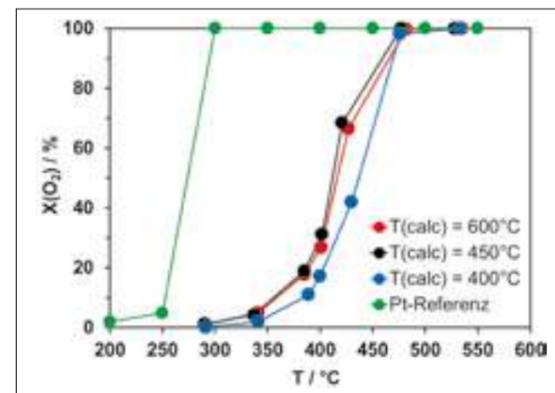
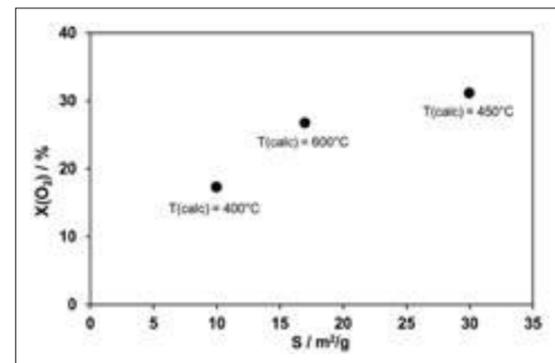


Abb. 9: O_2 -Umsatz an den $LaFeO_3$ -Katalysatoren bei $400^\circ C$ in Abhängigkeit von der BET-Oberfläche und Kalzinierungstemperatur



Dies ist offensichtlich mit Sinter- bzw. Kristallisationsvorgängen zu begründen, die nicht nur zur Erhöhung der Reflexintensitäten, sondern auch zur Abnahme der BET-Oberfläche führen. Die höhere Kristallinität des bei $600^\circ C$ kalzinierten $LaFeO_3$ -Katalysators ist wahrscheinlich dafür verantwortlich, dass dieser im Vergleich zu dem bei $450^\circ C$ kalzinierten – trotz deutlich geringerer Oberfläche – eine nur geringfügig schwächere Aktivität aufweist. Infolge der noch geringeren Perowskit-Kristallinität im Fall der bei $400^\circ C$ getemperten Probe fällt die katalytische Aktivität dieses Materials deutlich ab (Abb. 9).

Ausblick

Mit dem Fokus auf eine effiziente Entfernung von Sauerstoff aus Biogas befassen wir uns sowohl mit der O_2 -Chemisorption an sulfidierten Eisenoxiden/-hydroxiden als auch mit der katalysierten O_2 -Umsetzung mit Biomethan. Zum Studium der Adsorption wurde ein breit angelegtes Materialscreening einschließlich einer umfassenden physikalisch-chemischen Charakterisierung der Sorbentien durchgeführt. Die effektivsten Eisenhydroxide bzw. Eisenoxide sind $Fe(OH)_3$ sowie $\alpha\text{-FeOOH}$. Im Vergleich zu kommerziell verfügbaren Gasentschwefelungsmaschinen ermöglichen sie eine bis zu 10-fach

höhere H_2S - bzw. O_2 -Aufnahme. Die Ursache für diese enorme Verbesserung der Sorptionsaktivität ist in einem komplexen Zusammenspiel aus mehreren bestimmten Materialeigenschaften, wie z. B. der Konzentration acider Zentren, der BET-Oberfläche und der Porosität, zu sehen. Mit diesem Kenntnisstand wird aktuell die gezielte Optimierung der Sorbentien vorangetrieben. Die Ergebnisse der Methanoxidation belegen, dass $LaFeO_3$ -Perowskite grundsätzlich als Katalysatoren für die Sauerstoffentfernung aus Biogas geeignet sind. Ein bei $450^\circ C$ kalziniertes Katalysator erreicht bereits bei $400^\circ C$ einen deutlichen Sauerstoffumsatz. Die Struktur/Aktivitäts-Analyse der untersuchten $LaFeO_3$ -Katalysatoren zeigt die Relevanz einer großen spezifischen Oberfläche bei hoher Kristallinität. Durch systematische Veränderung der Synthesebedingungen wird derzeit evaluiert, inwieweit diese entscheidenden Materialeigenschaften

gezielt eingestellt werden können, um die Optimierung der katalytischen Aktivität der Perowskite zu erreichen und Wege zur Substitution der bislang favorisierten, jedoch ökonomisch nachteiligen Edelmetallkatalysatoren aufzuzeigen.

Nach dem derzeitigen Stand unserer Arbeiten können beide Verfahrensvarianten als prospektive Methoden zur effizienten O_2 -Entfernung aus Biogas eingeschätzt werden.

Danksagung

Die Vorhaben „Entwicklung eines effektiven Sorbens zur Entfernung von Sauerstoff und Schwefelwasserstoff aus Biogas“ (EffOSorb, 17963 BG) und „Entfernung von Sauerstoff aus Biogas durch katalytische Oxidation von Methan“ (KatMOx, 17985 BG) werden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie sowie die Forschungsvereinigung DVGW im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (AiF-IGF) gefördert. Die Autoren danken zudem der Firma LANXESS (Krefeld) für

die umfangreiche Bereitstellung von Eisenoxidproben sowie die stete und fruchtbare Diskussionsbereitschaft.

Literatur

- 1 F. Graf, F. Ortloff, R. Erler, T. Raabe, Entfernung von Sauerstoff aus Biogas mittels katalytischer Oxidation von Methan und oxidativer Umsetzung ans Eisensulfiden, Karlsruhe, Freiberg 2014.
- 2 DVGW, Gasbeschaffenheit 2013 (G 260).
- 3 DVGW, Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung 2011 (G 262).
- 4 U. Gronemann, R. Forster, J. Wallbrecht, H. Schlerkmann, gwf Gas|Erdgas 2010, 151 (4), 244.
- 5 T. Muschalle, M. Amro, Influence of oxygen impurities on underground gas storage and surface equipment, DGMK research report, Vol. 753, DGMK, Hamburg 2013.
- 6 EASEE-gas, Harmonisation of Natural Gas Quality 2005 (2005-001/02).
- 7 T. Raabe et al., gwf Gas|Erdgas 2014, 155 (11) 828.
- 8 W. Köppel, F. Ortloff, R. Erler, S. Petzold, Vermeidung und Entfernung von Sauerstoff bei der Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, Karlsruhe, Freiberg 2011.

Rückenwind aus der Verfahrenstechnik für die Aufbereitungstechnik

Thomas Mütze, Urs A. Peuker*

Einführung¹

Eine Technologiegesellschaft, wie die deutsche, die zentral auf Industrien der Metallverarbeitung, des Maschinen- und Anlagenbaus, der Elektrotechnik, der Werkstoffwissenschaften, der Chemie und der Pharmazie sowie der Halbleitertechnologie aufbaut, benötigt kontinuierlich Ausgangsstoffe und -materialien für ihre Wertschöpfung. Aus wirtschafts- und geopolitischen Gründen sowie aus kurzfristigen Überlegungen ist seit Ende der 1980er-Jahre der Bereich der Rohstoffversorgung, d. h. der Exploration, der Gewinnung und der Aufbereitung von Rohstoffen, zunehmend aus dem wirtschafts- und wissenschaftspolitischen Fokus gerückt. Dies gilt primär für die Nicht-Energierohstoffe. Als Konsequenz wurde als Randbedingung für den überwiegenden Teil aller wirtschaftlichen Planungen die Verfügbarkeit von kostengünstigen metallischen Rohstoffen,

beispielsweise Erzkonzentraten, in ausreichender Quantität vorausgesetzt.

Dieser Handlungsrahmen hat über einen Zeitraum von fast 25 Jahren dazu geführt, dass die Forschung und Entwicklung im akademischen Bereich und das Engagement von deutschen Industrieunternehmen auf den relevanten Forschungsfeldern nahezu zum Erliegen kamen. Dies hat sich ferner darin ausgewirkt, dass die Zahl der relevanten Lehrstühle an den montanwissenschaftlich geprägten Hochschulen reduziert wurde und auch hier Teilbereiche der Wertschöpfungskette nicht mehr abgedeckt werden können. Weiterhin hat es direkte oder durch Verschiebung der Forschungsschwerpunkte einer besetzten Professur auch indirekte Neuausrichtungen relevanter Lehrstühle außerhalb der montanwissenschaftlichen Schwerpunkte gegeben.

Vor etwa zehn Jahren zeigte sich nun, dass die marktpolitischen Randbedingungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von mineralischen und metallischen Rohstoffen nicht mehr gelten [1]. Technologisch kann das Recycling bei dieser Diskussion der Rohstoffversorgung nicht ausgespart werden. Recycling allein kann nicht den Rohstoffbedarf eines sich im Wachstum

befindlichen Segments decken, ist aus einer Vielzahl von Gründen aber eine wichtige Ergänzung. Unter anderem stellt Recycling im Sinne des „Urban Mining“ eine heimische, geopolitisch sichere Rohstoffquelle dar. Ferner liegt in vielen Fällen die Wertstoffkonzentration im Recyclat über der eines vergleichbaren Erzes.

Aufbereitungstechnik

Prof. Heinrich Schubert definiert Aufbereitungstechnik im Vorwort der zweiten Auflage des Standardwerks „Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe“ 1975 [2] wie folgt: „Der Begriff Aufbereitung, der ursprünglich vom Erzbergbau geprägt worden sein dürfte, wird heute für Kombinationen von Prozessen und Verfahrensstufen in verschiedenen volkswirtschaftlichen Bereichen benutzt. Unter der Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe ist die erste Verarbeitungsstufe fester mineralischer Rohstoffe mit dem Ziel zu verstehen, daraus körnige Absatzprodukte zu erzeugen, an deren stoffliche Zusammensetzung und physikalische (insbesondere körnungsmäßige) Eigenschaften bestimmte Anforderungen gestellt werden. Diese Absatzprodukte werden entweder unmittelbar verwertet (z. B. Kalidüngesalze, Feuerkohle) oder

aber nachfolgenden Verarbeitungsstufen (Metallurgie, chemische Industrie, Bauindustrie, keramische und Glasindustrie u. a.) zugeführt. In neuerer Zeit hat die Aufbereitung von Sekundärrohstoffen, insbesondere von metallischen, stark an Bedeutung gewonnen. Mit ihrer Hilfe sollen die enthaltenen Wertstoffe in Produkten geeigneter stofflicher Zusammensetzung und mit günstigen physikalischen Eigenschaften der volkswirtschaftlichen Nutzung erneut zugeführt werden. [...].“

Diese Definition hat an Aktualität und Passgenauigkeit nichts verloren. Ziel der mechanischen Aufbereitung ist es, durch Zerkleinerungsprozesse den komplexen Materialverbund Erz oder die technologische Struktur in Einzelpartikel zu überführen (Abb. 1). Diese Einzelpartikel sollen möglichst in ihrer Material-, bzw. Mineralzusammensetzung homogen sein, d. h. nur aus einer Spezies bestehen. Dies beinhaltet die Annahme, dass der Bruch vorrangig an Materialübergängen innerhalb des Feststoffs, d. h. an den Korngrenzen eines Erzes, stattfindet. Die so entstandene Mischung kann durch verschiedene physikalische und physikalisch-chemische Sortierverfahren in ein Konzentrat (hoher Anteil an Zielmineral) und die Berge überführt werden. Die Effizienz und Selektivität dieser Sortierverfahren bestimmen die Anwendbarkeit und die Wirtschaftlichkeit einer Aufbereitung.

Im Zielpartikel (Mineral/Legierung) des Konzentrats ist das Zielelement in einer der Stöchiometrie des Kristalls/der Legierung gehorchenden Konzentration enthalten. Das Entfernen des Zielelements aus dieser Struktur kann nur durch die Störung bzw. Auflösung derselben erfolgen. Hierfür kommen Schmelz-, Röst- und Lösungsprozesse zum Einsatz.

Wissenschaftlich-technologische Herausforderungen

Industriemineralien und metallhaltige Mineralien (Erze) werden im Tagebau oder auch im untertägigen Abbau gewonnen. Die Schnittstelle zur Aufbereitung wird in der Regel nach dem Gewinnungsprozess, d. h. der Überführung in ein förderfähiges Schüttgut, gesetzt. Im Tagebau können hier die maximalen Stückgrößen bei 1000 mm und darüber liegen.

Hochtechnologierohstoffe zeichnen sich durch ihre speziellen physikalischen Eigenschaften aus. Vielfach sind es Metalle, die nicht in Massen bereitgestellt werden können. Vielfach existieren auch keine Lagerstätten, die diese Rohstoffe als

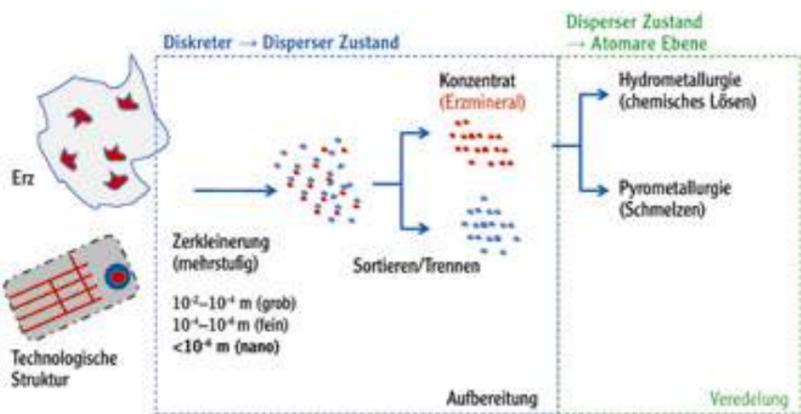


Abb. 1: Schematische Darstellung der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe. Analog kann die Einteilung auch auf sekundäre und nachwachsende Rohstoffe angewendet werden, wobei ggf. die Größenklassen der Zerkleinerung größer sind.

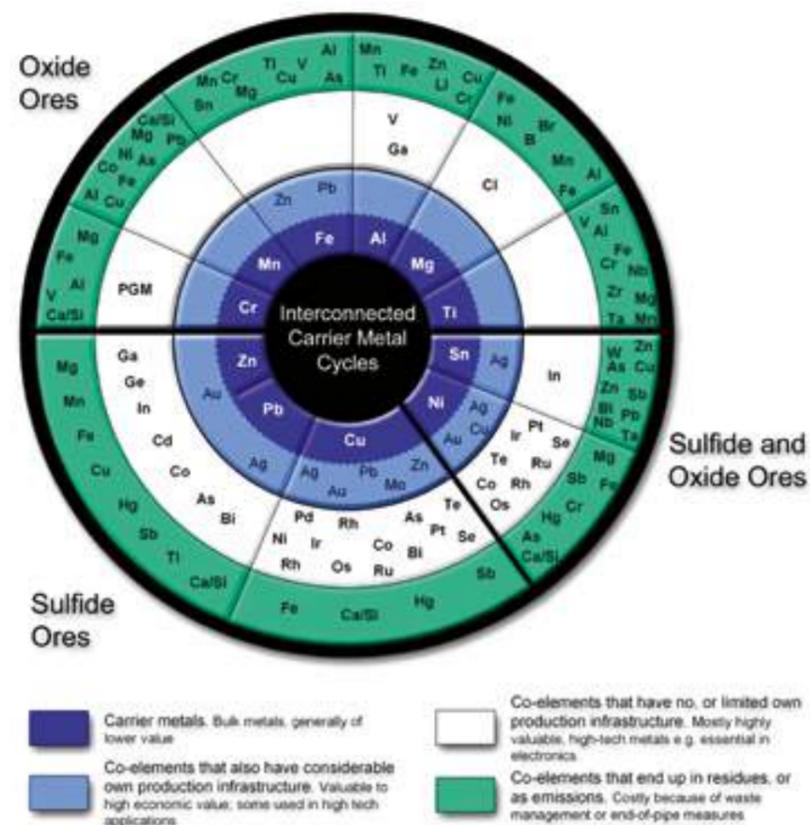


Abb. 2: Darstellung des kombinierten Vorkommens von chemischen Elementen in typischen Erzen (Rohstoffkreis nach Verhoef und Reuter) [4].

Hauptinhaltsstoff besitzen [3]. Vielmehr wird die Vielzahl der Hochtechnologierohstoffe als Nebenprodukt der bekannten Massenrohstoffe (Fe, Ni, Cu, Pb, Zn, Sn, Al, Mg, u. a.) gewonnen (Abb. 2). Um die Produktion von seltenen Hochtechnologierohstoffen zu steigern, ist es also erforderlich, die bestehenden Produktionsprozesse von Massenrohstoffen zu modifizieren und aus Teil- oder Abfallströmen die begehrten Materialien zu extrahieren. Je nachdem wie die Erze

strukturiert sind, ist dazu oft auch ein Eingriff in den Produktionsablauf des primären Produkts in der Aufbereitungs- bzw. Veredelungsanlage erforderlich. Bei einer mikroskopischen Mischung sind ein Aufschluss und ein Sortieren möglich, bei einer „atomaren Mischung“ ist ein chemischer Aufschluss (selektiv oder vollständig) erforderlich (vgl. Abb. 1).

Vor allem Zerkleinerungs-, aber auch Trocknungs- und Trennprozesse machen einen erheblichen Anteil am

Primärenergieverbrauch in rohstoffproduzierenden Ländern aus. Mit steigender Weltproduktion und dem Trend, feinere Partikelsysteme handhaben zu müssen, ergibt sich auch in Zukunft ein weiter ansteigender Energiebedarf, der sich in den Kosten sowie in der CO₂-Bilanz der jeweiligen Prozesse niederschlägt. Diesem Anstieg muss durch die Entwicklung und Einführung energieeffizienter Prozesse entgegengewirkt werden.

Politisch wird ein „zero footprint“-Mining angestrebt, also ein nachhaltiger Bergbau, der alle Kosten – auch die der Renaturierung – berücksichtigt. Dem stehen typische und bekannte Konzepte des Umgangs mit Aufbereitungsrückständen, wie Halden oder Schlammteiche, entgegen. Zeitgemäße Technologien des Bergbaus und der Aufbereitung müssen für

- minimierte Emissionen (Staub, Abgase, Wasser, Chemikalien, mobilisierbare Erzbestandteile),
- die Ausschleusung von Stör-, Fremd- und Schadstoffen,
- geschlossene Wasserkreisläufe, geschlossene Chemikalienkreisläufe,
- eine geordnete Rückverfüllung des Bergematerials sowie
- eine stoffliche Nutzung geeigneter Bergeströme als Baumaterial

sorgen. Ferner muss die Steigerung der Nachhaltigkeit mit einer Effizienzsteigerung des Aufbereitungsprozesses selbst einhergehen.

Die Effizienzsteigerung kann einzig durch neue bzw. verbesserte Technologien realisiert werden. Dabei birgt die Automatisierung und Führung des Aufbereitungsprozesses, d. h. der Anlagenbetrieb mit auf die momentanen stofflichen Parameter des Erzminerals abgestimmten Prozessparametern, ein großes Potenzial [5]. Ein solches integrales Vorgehen wird auch unter dem Begriff Geometallurgie (engl. *geometallurgy*) verstanden und weltweit diskutiert und vorangetrieben [6].

Verfahrenstechnischer Beitrag

Als verfahrenstechnischer Beitrag sollen solche Impulse für die Aufbereitungstechnik gesehen werden, die eine apparative oder eine Prozessverbesserung bewirken. Hierbei soll auch auf Impulse eingegangen werden, die durch einen Know-how-Transfer aus Branchen wie Chemie und Biotechnologie erfolgen können, in denen in den letzten Jahrzehnten eine kontinuierliche verfahrenstechnische Innovation stattgefunden hat.

Als Ausgangssituation für die ein-



Abb. 3: Ansatzpunkte zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Zerkleinerung (schematisch nach MIFU Report 11/2010 [5]).

gesetzten verfahrenstechnischen Prozesse kann festgestellt werden, dass feine bzw. feinste Partikelsysteme aus den jeweiligen Erzen erzeugt werden müssen, bei denen ein hinreichender Aufschluss des Wertstoffs erreicht ist.

Anschließend erfolgt die Sortierung und Aufkonzentrierung. Neben- und Störstoffe müssen abgetrennt und gegebenenfalls einer eigenen Verwertung zugeführt werden. Bei jedem Prozessschritt müssen die Handhabungseigenschaften so eingestellt werden, dass diese eine optimale Weiterverarbeitung im folgenden Schritt ermöglichen.

Für alle im Hinblick auf die Verarbeitung von Erzen genannten Prozesse sind die typischen Randbedingungen der mineralischen Prozesstechnik zu berücksichtigen:

- große Massenströme
 - robuste automatisierbare Prozesse
 - nicht vollständig sensorisch erfassbare Materialeigenschaften
 - wechselnde und einzigartige Eigenschaften der jeweiligen Lagerstätte (Problem der Definition von Modellprodukten)
 - Vorhandensein von nicht genutzten Stoffströmen und deren nachhaltige Entsorgung (Berge)
- Für sekundäre Rohstoffe sind typische Randbedingungen:
- kleine bis mittlere Massenströme unterschiedlichster Herkunft (Problem der Zusammenführung der Massen über teilweise größere Entfernungen durch möglichst intelligente Logistik)
 - sehr heterogene Materialien
 - hohe Dynamik in der Zusammensetzung durch kurze Produktzyklen

Zerkleinerung – Klassieren

Die Makroprozesse Zerkleinern und Klassieren (d. h. Trennen nach der Parti-

kelgröße) spielen bei der Aufbereitung der primären und sekundären Rohstoffe eine wichtige Rolle, da sie am Anfang der Prozesskette stehen und damit die Effizienz der nachfolgenden Prozessschritte maßgeblich beeinflussen. Zudem ist die Zerkleinerung einer der Hauptkonsumenten der Primärenergie bei der Aufbereitung. Ziel muss hier sein, eine Effizienzsteigerung zu erreichen. Verschiedene prinzipielle Strategien sind in Abb. 3 dargestellt. Hierbei handelt es sich um prozesstechnische Alternativen („Sprung auf ein anderes Prinzip“), die Verringerung der zu verarbeitenden Stoffströme und die Effizienzsteigerung („Prozessintensivierung“) der Mahlungszerkleinerung selbst.

Die Klassierung kann immer in Kombination mit der Zerkleinerung betrachtet werden, da sie dazu dient, aus dem Zerkleinerungsprodukt die bereits hinreichend feinkörnig aufgeschlossenen Fraktionen abzutrennen und so ein Overprocessing zu vermeiden. Diese Abtrennung soll so erfolgen, dass eine möglichst enge Größenverteilung entsteht, da die Trennschärfe der nachfolgenden Sortierprozesse durch Größeneffekte negativ beeinflusst wird. Im Falle einer selektiven Zerkleinerung wirkt ein Klassierverfahren bereits als ein Sortierverfahren.

Als verfahrenstechnischer Beitrag kann gesehen werden:

- Entwicklung von effizienten Klassierverfahren: Simulation der Partikelbewegung in komplexen hochbelasteten Gas- und Flüssigkeitsströmungen (dichte Mehrphasenströmung)
- Kombination von selektiver Zerkleinerung und Klassierung als Sortierprozess
- Entwicklung neuartiger Klassierverfahren für
 - faserige Partikel
 - Partikel kleiner 10 µm (siehe auch [7])

- Sortierung mit hoher Trennschärfe bei enger Partikelgrößenverteilung
- gezieltes Ausschleusen angereicherter Partikelfractionen aus Kreisläufen.
- Grundlagenkenntnisse und Prozesswissen zur selektiven Zerkleinerung und Aufschlusszerkleinerung von komplexen technischen Strukturen (Werkstoffverbunden):
 - Metall-Metallkomposite (Hybridbauteile)
 - Polymer-Metallkomposite
 - Polymer-Faserkomposite (MFK, NFK, GFK, CFK)
 - technische Schichtstrukturen zur Entschichtung (CVD-Schichten, Coatings, Elektroden), in der Regel bei minimalem Feingut der Trägerstruktur

Sortieren – Trennen nach Eigenschaften

Das Sortieren ist die Kernaufgabe der Aufbereitungstechnik – Berge vom Erz bzw. verschiedene Wertstofffraktionen müssen untereinander getrennt werden. Hierfür gelten klassisch die charakteristischen Qualitätsparameter Ausbringen und Reinheit bzw. Wertstoffgehalt. Zusätzlich dazu können noch weitere sekundäre Qualitätsmerkmale definiert werden. Der Gehalt an bestimmten Störstoffen erhält hierbei einen besonderen Stellenwert. Prinzipiell kann das Sortieren nur funktionieren, wenn die einzelnen Partikel gegeneinander beweglich sind, d. h. weder im Erzverbund noch in Agglomeraten enthalten sind. Trockene Sortierverfahren, Magnetscheidung, Elektrostatisches Sortieren, Dichtesortierung kommen bei Teilchengrößen von ca. 50–100 µm an eine technische Grenze, da hier die Van-der-Waals-Kräfte heterogene Agglomerate formen. Im Feinbereich und zur Erhöhung der Selektivität findet eine nasse Sortierung statt, weil die Van-der-Waals-Kräfte durch die flüssige Phase und eine einstellbare elektrostatische Abstoßung überwunden werden können.

Da fein strukturierte Erze und technische Strukturen höher aufgeschlossen werden müssen, werden feinere Partikelsysteme erzeugt; hieraus ergibt sich ein Bedarf an:

- Sortierverfahren für feinste Partikelsysteme bei sehr feinem Aufschluss (< 50 µm, vorzugsweise im Bereich 0,1–10 µm, siehe [7])
- Unterstützung des Sortierens durch

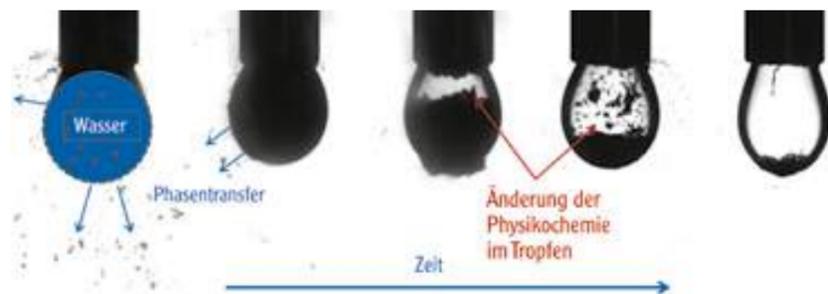


Abb. 4: Phasentransfer (inverses Experiment) aus der wässrigen Phase in die organische. Simultanes Einlösen von grenzflächenaktiven Substanzen in die wässrige Phase und dadurch ausgelöste Destabilisierung

- Klassierprozesse – Sortieren in engen Korngrößenfraktionen
- Strategien zum Handling von Rohstoffen mit einem erhöhten Anteil an Störstoffen (Tone, Organische Bestandteile, radioaktive Substanzen)
- Steuerung der Hydrodynamik in großen Apparaten
- Systematische Untersuchungen zu den beteiligten Grenzflächen (siehe Grenzflächen-Verfahrenstechnik)

Grenzflächenverfahrenstechnik

Das Themenfeld Grenzflächenverfahrenstechnik deckt die physikochemischen Aspekte der beteiligten Prozesse der Mechanischen Verfahrenstechnik ab. Der zentrale Sortierprozess der Aufbereitung ist hier die flotative Trennung, deren Sortierkriterium die unterschiedlichen Adsorptions- und daraus resultierenden Benetzungseigenschaften an den Oberflächen der Rohstoffpartikel sind. Im Mittelpunkt steht der Dreiphasenkontakt Gasblase/wässrige Suspensionsflüssigkeit/Feststoff. Die Oberflächen- bzw. Grenzflächeneigenschaften des Feststoffs werden durch die Zugabe von grenzflächenaktiven Substanzen und die Anpassung von pH-Wert und Ionenstärke modifiziert. Sammler verringern die Benetzbarkeit, Drücker erhöhen diese und Schäumer sorgen dafür, dass oberhalb der Suspension ein stabiler Schaum entsteht, mit dem der Feststoff ausgetragen werden kann. Die Interaktion zwischen einer komplexen (mineralischen) Grenzfläche und einer grenzflächenaktiven Substanz (Tensid, Polyelektrolyt, Polymer, Komplexbildner, ...) kann auch aktuell noch nicht vollständig beschrieben oder vorausgesagt werden. Die Entwicklung von gezielt wirkenden Flotationsreagenzien ist verbunden mit einem molekularen Design entsprechender aktiver Moleküle. Grundlegende Entwicklungsthemen sind:

- Theoretische Vorhersage der Interaktion von Flotationschemikalien mit mineralischen und technischen

- Ober- und Grenzflächen, bspw. über Methoden des „molecular modelling“
 - Methoden zum experimentellen systematischen Screening der Interaktion von Flotationschemikalien mit mineralischen und technischen Ober- und Grenzflächen
 - Entwicklung von selektiven Flotationschemikalien für oxidische Erze
 - Prozesse der Hetero-Agglomeration, wie bspw. Flüssig-Flüssig-Flotation
- Die Flüssig-Flüssig-Flotation kann eine Variante sein, die es ermöglicht, hydrodynamische Grenzen der Gasblasenflotation zu überwinden. Anstelle einer Grenzfläche Gas/Flüssigkeit wird eine Flüssig-Flüssig-Grenzfläche verwendet, d. h., es werden feine Tropfen anstelle von Blasen genutzt. Diese haben im Vergleich zu Gasblasen auch eine höhere Kapazität für die aufzunehmenden Zielpartikel, da auch im Volumen der aufnehmenden Phase Partikel eingelagert werden können (Abb. 4). Der Vorgang kann als eine Art selektive Extraktion von Partikeln begriffen werden [8]. Dieser Prozess erfordert allerdings auch einen erhöhten Aufwand der Partikelreinigung nach der selektiven Trennung, um das Extraktionsmittel im Kreislauf zu führen.

Die Verfügbarkeit von den als Flotationsmittel eingesetzten Massenchemikalien nimmt durch die technologischen Entwicklungen der chemischen Industrie (Veränderung von Produktionsprozessen, Beendigung der Produktion, Aspekte der REACH-Zertifizierung) und durch einen verantwortungsvolleren Umgang mit Prozesschemikalien im Allgemeinen ab. Im Einklang mit dieser Transformation der chemischen Produktion sind neue Quellen und neue Stoffgruppen von Bergbauchemikalien erforderlich. Das heißt:

- Entwicklung und/oder Verfügbarmachung neuer Bergbauchemikalien (Flotationsmittel, Flockungsmittel, Extraktionsmittel) unter besonderer Berücksichtigung der Nachhaltigkeit

- Frage nach der Eignung von Teilstoffströmen aus der industriellen Biotechnologie für Flotationsanwendungen, bspw. Biodiesel (Polyglucane, Oligo- und Polysaccharide)
 - Rückgewinnung und Kreislaufführung der Flotationsreagenzien
 - Reinigung des Feststoffs von Flotationsreagenzien (Minimieren der organischen Fracht in den Tailings)
- Über die Anwendung im Bereich des Bergbaus ist der Einsatz der Flotation zur Sortierung feinsten Partikel sekundärer Rohstoffe zu entwickeln und zu untersuchen.

Mechanische Trenntechnik

Die Notwendigkeit feiner aufschließen zu müssen, schließt auch das vollständige Handling feiner Stäube und Suspensionen ein. Während die Fragestellungen der Gasreinigung noch in den Stand der Technik fallen, besteht bei der Verarbeitung primärer Rohstoffe ein hoher Bedarf für den Einsatz effektiver Prozesse der mechanischen Flüssigkeitsabtrennung:

- Handling von feinen und feinsten Konzentrat- und Bergesuspensionen
- Konzepte und Prozesslösungen für *dry tailings*, d. h. die Erzeugung deponierbaren Feststoffs aus den Tailingsuspensionen
- Verarbeitungen von stark bi-modalen Feststoffsystemen (bspw. Tonanteil im Rohstoff)
- Systematische Untersuchungen zum Entschlammern und Läutern
- Reinigung der Berge- und der

- Wertstofffraktion von Hilfsstoffen (Entfeuchten/Waschen)
- Erhöhung der Ausbeute von Laugungsprozessen durch Filterkuchenauswaschung
- Wassermanagement/Rückgewinnung der Bergbauchemikalien
- Systematische Untersuchungen zu den beteiligten Grenzflächen (siehe Grenzflächenverfahrenstechnik)
- Mechanische Trenntechnik bei erhöhtem Druck- und Temperaturniveau

Resümee

Die Aufbereitungstechnik ist sowohl in der Ausbildung als auch technologisch die Grundwissenschaft, aus der in den vergangenen ca. 100 Jahren die Verfahrenstechnik erwachsen ist. Der Strukturwandel in Deutschland ab den 1960er-Jahren hat die wirtschaftliche Bedeutung der Mineralaufbereitung reduziert. Technologische Fortschritte in der Prozessstechnologie wurden immer stärker in anderen Branchen zur Anwendung gebracht; hierzu zählen die chemische (Massen-)Produktion, das Recycling, die Umwelttechnik sowie die Biotechnologie. Das prinzipielle stoffsystemübergreifende Verständnis der verfahrenstechnischen Prozesse ist in Deutschland nach wie vor stark etabliert. Für eine Stärkung und Weiterentwicklung einer aufbereitungstechnischen Forschung kann der Wissenstransfer aus vielen zurzeit etablierten Themenbereichen der verfahrenstechnischen Forschung genutzt werden. Das konkrete

Stoffverständnis für Erze, Mineralien, Kristallstrukturen muss allerdings aus den Geowissenschaften kommuniziert werden, um aus dem gemeinsamen Wissen der Verfahrenstechnik und Geowissenschaften wieder Rohstoffingenieure (Aufbereiter) erwachsen zu lassen.

Quellen

- 1 *Tackling the challenges in commodity markets and on raw materials*, European Commission, 2011: Brussels.
- 2 Schubert, H., *Aufbereitung fester mineralischer Feststoffsysteme*. Vol. I. 1975, Leipzig: VEB Deutscher Verl. für Grundstoffindustrie.
- 3 Moss, R. L., et al., *Critical Metals in Strategic Energy Technologies, in JRC – scientific and strategic reports*. 2011, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport.
- 4 Verhoef, E. V., G. P. Dijkema, and M. A. Reuter, *Process knowledge, system dynamics, and metal ecology*. Journal of Industrial Ecology, 2004. 8(1-2): p. 23–43.
- 5 Bäckblom, G., et al., *MIFU – Smart Mine of the Future*. 2010, Rock Tech Centre: Lulea.
- 6 Dominy, S., *GeoMet 2011*. AusIMM Bulletin, (6): p. 76–78.
- 7 Peuker, U. A. *DFG-Schwerpunktprogramm SPP 2045*. verfügbar auf: tu-freiberg.de/fakult4/mvat/SPP2045.
- 8 Erler, J. V., et al., *Process development of a liquid-liquid phase transfer of colloidal particles for production of high-quality organosols*, in *Colloid Process Engineering*. 2015, Springer International Publishing: Heidelberg. p. 371–398.
- 9 Peuker, U. A., et al., *Aufbereitungstechnik*. Positionspapier der ProcessNet-Fachgruppen „Zerkleinern/Klassieren“, „Grenzflächenbestimmte Systeme“, „Mechanische Flüssigkeitsabtrennung“, ed. A. Förster. 2012, DECHEMA e. V. verfügbar auf: dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/PP_Aufbereitungstechnik_2012.pdf.

Mit dem Gewicht einzelner Moleküle an die Bergakademie

Tobias Fieback, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik

„*Thermodynamik ist ein komisches Fach. Das erste Mal, wenn man sich damit befasst, versteht man nichts davon. Beim zweiten Durcharbeiten denkt man, man hätte nun alles verstanden, mit Ausnahme von ein oder zwei kleinen Details. Das dritte Mal, wenn man den Stoff durcharbeitet, bemerkt man, dass man fast gar nichts davon versteht, aber man hat sich inzwischen so daran gewöhnt, dass es einen nicht mehr stört.*“ (Arnold Sommerfeld)

So oder so ähnlich geht es vielen mit der Thermodynamik und so ging es auch mir, als ich mich das erste Mal während meines Maschinenbaustudiums damit beschäftigt

habe. Bei meinem Studienbeginn 2001 an der Ruhr-Universität Bochum waren die Grundlagen der Thermodynamik eigentlich für das 3. Semester vorgesehen, da ich es aber etwas eilig hatte, habe ich die Lehrveranstaltungen in diesem Fach gleich im 1. Semester besucht: ein großes Glück für mich, nicht nur weil sich damit meine Begeisterung für dieses Fach ein Jahr früher einstellte, sondern auch, weil in diesem Bereich gerade „Hiwis“ gesucht wurden. Also tauschte ich im 2. Semester Sonnenbrille und kurze Hose von meinem Nebenjob als Rettungsschwimmer gegen eine halbe Stelle als Mitarbeiter bei der

Rubotherm GmbH, einer Ausgründung des Lehrstuhls für Thermodynamik. Hier lernte ich die eigens erfundene Magnetschwebwaage kennen, die mich seitdem in vielfältigen Varianten bis heute begleitet.

Bei diesem Messgerät wird die Gewichtskraft einer Probe in einer geschlossenen Messzelle über eine Magnetkupplung auf eine hochgenaue Laborwaage übertragen. Das bedeutet, der Permanentmagnet der Kupplung mitsamt der daran hängenden Probe schwebt frei in der Messzelle, die mit hohen Temperaturen (bis 2000 °C) und/oder hohen Drücken

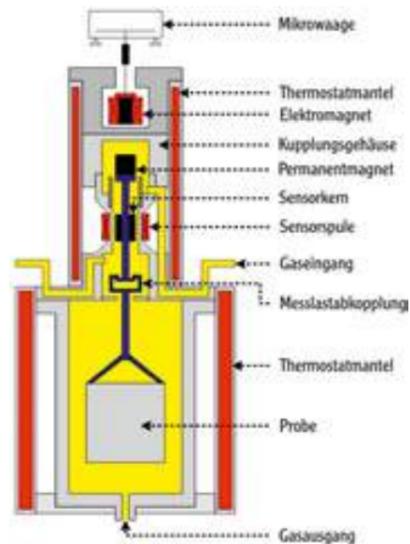


Abb. 1: Magnetschwebewaage

(bis 2000 bar) beaufschlagt werden kann. Durch die Möglichkeit die Schwebhöhe des Magneten zu ändern, können während einer laufenden Messung die Proben auch abgesetzt werden, um eine hervorragende Langzeitstabilität zu erreichen, oder zusätzliche Proben mit angehoben werden, um bspw. die Sorption und die Dichte gleichzeitig bestimmen zu können. Damit entwickelte sich während des Studiums schon der erste Forscherdrang (manche mögen es auch Spieltrieb nennen) mit neuen Aufbauten immer weiter an die Grenzen des Messbaren zu gehen. Ich probierte also, thermophysikalische Stoffdaten – wie Dichte und Viskosität – zu bestimmen: am spannendsten waren aber immer Sorptionsmessungen. Hierbei wird die Anlagerung von Gasmolekülen an feste oder flüssige Oberflächen über die Gewichtszunahme der Probe bestimmt. Und das geht mit der Magnetschwebewaage auch unter Bedingungen, für die es kein anderes Messgerät gibt, wie korrosive oder toxische Gase und extreme Druck- und Temperaturbereiche. Dieses neu gefundene Hobby musste ich dann 2004 für mein Auslandsstipendium an der Texas A&M University unterbrechen. Nach meiner Rückkehr und dem Diplom nach dem 7. Semester war klar, dass ich promovieren möchte – vorzugsweise natürlich im Bereich Sorption. Dazu hat mir mein Doktorvater damals ein EU-Projekt in Kooperation mit Rubotherm angeboten, in dem ein neues Messgerät für die Sorption in zwangsdurchströmten Flüssigkeiten und Wirbelschichten entwickelt werden sollte. Damit hatte ich begonnen, nicht mehr nur die Grenzen des Messbaren



Abb. 2: Neu entwickelte Kalibrieranlage für Stoffdatensensoren bis 200 bar bei 200 °C

auszuloten, sondern diese zu verschieben.

Nach dreieinhalb Jahren Promotionszeit habe ich dann 2009 am Lehrstuhl für Thermodynamik die Gruppenleitung für „verfahrenstechnische Stoffdatenforschung“ übernommen und mich später auf die Juniorprofessur für „Experimentelle Thermodynamik der Verfahrenstechnik“ beworben, auf die ich im September 2012 berufen wurde. In dieser gesamten Postdoc-Phase hat sich der Forschungsbereich naturgemäß deutlich erweitert, so dass ich von da an wieder den gesamten Bereich der thermophysikalischen Stoffdaten im Fokus hatte. Die stark experimentelle Ausrichtung und der Hang zu extremen Messbedingungen haben sich jedoch nicht verändert. Damit konnten Sensoren für Stoffdaten, wie Dichte, Schallgeschwindigkeit, Wärmeleitfähigkeit und einige weitere, neu entwickelt und vorhandene spektroskopische Messtechnik für extreme Messbedingungen nutzbar gemacht werden. Selbstverständlich bin ich auch meinem Hobby weiter nachgegangen und habe Sorption unter immer widrigeren Bedingungen gemessen.

Neben den üblichen Einzel- und Kooperationsprojekten, die meine Gruppe damit bearbeitet hat, war dieses Forschungsportfolio sehr interessant für große Verbundprojekte.

Im Exzellenzcluster RESOLV, der sich mit der Solvation in Flüssigkeiten beschäftigt, konnten wir damit zwei Teilprojekte platzieren, die beide die Grenzen der Messbarkeit von Sorptionseffekten erneut verschieben. Hier wird zum einen eine neuartige Magnetschwebewaage entwickelt, die Gasanlagerungen mit einer

Auflösung von wenigen Nanogramm bestimmen kann, zum anderen können nun auch konvektive Stoffübergangskoeffizienten in zwangsdurchströmten Flüssigkeiten unter Hochdruck bestimmt werden. Dass Sorption auch eine wichtige Rolle in Bereichen spielt, wo man es vorher nicht erwartet hätte, zeigt das von der DFG geförderte Projekt Transregio Oxyflame der Universitäten Aachen, Bochum und Darmstadt. Hier wird im Verbund untersucht, wie die Verbrennung von Kohle und Biomasse in einer Oxyfuel-Atmosphäre, also nur aus Sauerstoff und Kohlendioxid bestehend, abläuft. Der eigentliche Verbrennungsakt findet dabei immer in der sorbierten Phase statt, womit die Kinetik der Sorption der geschwindigkeitsbestimmende Schritt für den gesamten Prozess ist. In unserem Teilprojekt untersuchen wir dazu mit einer neu entwickelten Magnetschwebewaage erstmals die Gleichgewichtsbelastungen, die Kinetik und die Sorptionswärmen von solchen Prozessen bei Temperaturen bis zu 1000 °C.

Mitten in der sehr spannenden (und arbeitsreichen) ersten Phase meiner Juniorprofessur hat die Bergakademie an der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik die Neubesetzung des Lehrstuhls für technische Thermodynamik mit einem Kernbereich für thermophysikalische Stoffdaten ausgeschrieben. Normalerweise hätte ich die Zwischenevaluation meiner Juniorprofessur vor einer Bewerbung abgewartet, aber was hätte für einen Maschinenbauingenieur mit Vertiefung in Energie- und Verfahrenstechnik, einer Juniorprofessur in experimenteller Thermodynamik und einem Fable für



Abb. 3: Messung von Sorption bei 1000 °C (Messzelle geöffnet)

Stoffdaten noch besseres kommen sollen? Nichts! Glücklicherweise gelang es mir, die Berufungskommission genau davon überzeugen zu können.

Also habe ich zum Wintersemester 2015 die Nachfolge von Prof. U. Groß angetreten und einen nicht nur fachlich exzellent aufgestellten Lehrstuhl übernommen; ich wurde zudem in einem hervorragenden Betriebsklima begrüßt. Damit war ich dann der derzeit jüngste Professor der Bergakademie und der jüngste Lehrstuhlinhaber für Thermodynamik im gesamten deutschsprachigen Raum. Dieser große Vertrauensvorschluss motivierte nochmals zusätzlich.

Gemeinsam mit meinem Team haben

wir nun begonnen, Forschung und Lehre noch weiter auszubauen und verfolgen dabei im Sinne der Bergakademie einen ganzheitlichen Ansatz von den Grundlagen über die Prozesse – unterstützt von der Simulation – bis in die Anwendung.

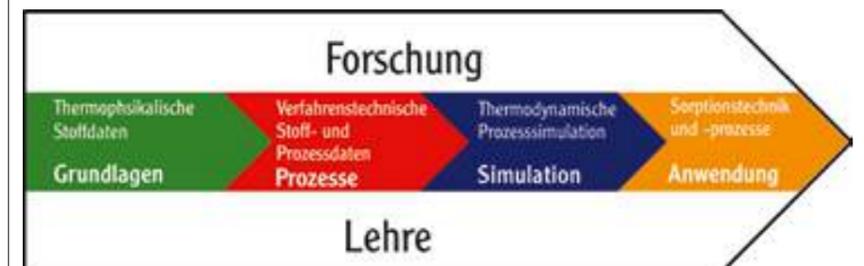


Abb. 4: Forschungs- und Lehransatz des Lehrstuhls technische Thermodynamik

Das wird zum einen in der hohen Lehrauslastung deutlich, die fachlich, von den Grundlagen der Thermodynamik sowie der Wärme- und Stoffübertragung über Prozesse beim Wärmetransport in porösen Medien und Entwicklung numerischer Simulation, bis hin zur Projektierung von Wärmeübertragern, ein sehr weites Feld umspannt. Zum anderen werden genau diese Felder auch in den vier Forschungsgruppen am Lehrstuhl behandelt. Hier wird neben direkter Grundlagenforschung zu Stoff- und Prozessdaten insbesondere auch Forschung an aktuellen Projekten zur Energieautarkie im Wohnbereich und Effizienzsteigerungen von technischen Verfahren betrieben. Gerade mit diesem Profil ist der Lehrstuhl technische Thermodynamik auch wieder bestens aufgestellt, um in Kooperations- und Verbundprojekten mitzuwirken. Hier leisten wir Beiträge im SFB 920 und in internationalen Marie-Curie-Projekten, bereiten momentan einen deutsch-tschechischen Verbundantrag vor und stehen für weitere Kooperationen immer bereit.

Da ich in meinem Forscherleben noch einiges an Zeit habe, kann ich mir auch noch große Ziele stecken. Daher möchte ich mit meiner Forschung helfen, die Welt ein Stückchen besser zu machen. Dazu möchte ich mit neuen Ideen Stoff- und Prozessdaten in Bereichen messen, die bislang messtechnisch nicht erfassbar sind. Danach müssen die neu gewonnenen Daten mit optimierten numerischen Ansätzen (zumindest eine gewisse Allgemeingültigkeit bekommen. Nur mit der Anwendung dieser elementaren Grundlagendaten können bereits praktizierte Prozesse optimiert, neue entwickelt und damit Energie, Ressourcen und Emissionen eingespart werden. Um diesen Wunsch verwirklichen zu können, ist die Bergakademie genau der richtige Platz. Daher kann ich als Fazit nur betonen, sehr glücklich mit der Bergakademie zu sein, und ich arbeite daran, dass die Bergakademie das gleiche auch über mich behaupten kann.

Automation im untertägigen Bergbau

David Horner, Jürgen Weyer, Helmut Mischo

Das Thema Automation im Bergbau erhält zunehmend Aufmerksamkeit. Heutige Entscheidungen im bergbaulichen Betrieb basieren sowohl auf Planungsaktivitäten als auch auf ereignisfallbezogenen Reaktionen. Die Einführung von Automatisierungsansätzen soll beide Szenarien näher zusammenführen. Hierfür erfassen Maschinen und Sensornetze zunehmend Daten über eigene Betriebszustände und Umgebungsbedingungen. Durch ihre Vernetzung werden sie befähigt, den Bediener im Entscheidungsprozess zu unterstützen oder gar autonom zu agieren. Für den Bergbau bieten diese Fähigkeiten das Potenzial, planerische Aktivitäten und Abläufe des Gewinnungsprozesses aus geologischer wie technischer Sicht zu optimieren. Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts „Real-Time-Mining“¹ wird in diesem Zusammenhang an einer sensorbasierten Aktualisierung von Ressourcenmodellen zur direkten Produktionssteuerung in Echtzeit gearbeitet.

Das Potenzial der Automation

Rohstoffe werden zumeist in Abhängigkeit vom nationalen Entwicklungsstand hochgradig technologisiert oder arbeitskräfteintensiv abgebaut. Mit Fokus auf Europa gewinnt die Automation von Prozessen im Bergbau zunehmend an Bedeutung, wobei gleich mehrere Akteure Interesse an einer fortschreitenden Entwicklung zeigen. Aus Betreibersicht stehen die Reduktion von Einheitskosten pro gefördert Tonne sowie die Gewährleistung betrieblicher Sicherheit im Vordergrund. Ausrüster von Bergwerksbetrieben identifizieren ihrerseits die Informationsaufbereitung von Systemdaten als Segment zunehmenden Interesses. Schlussendlich forciert die Europäische Union die Versorgungssicherheit der heimischen Industrie mit als kritisch eingestuften Rohstoffen, wodurch Konzepte zur wirtschaftlichen Ausbeutung europäischer Lagerstätten bereitgestellt werden müssen.

Betrachtet man die Einheitskosten pro geförderter Tonne, treten zwei Faktoren in den Vordergrund: die betriebliche Effizienz und die Lagerstättensituation. Europäische Bergwerke zeichnen sich hierbei durch

ihre hohe Mitarbeiterqualifikation sowie Durchdringung mit innovativen Lösungsansätzen aus. Damit können vor allem sich wiederholende Tätigkeiten an die Technik übertragen und die Mitarbeiter zunehmend als Spezialisten für Kernaufgaben eingesetzt werden. Mit der diversitären Verteilung einiger industriell wichtiger Rohstoffe, wie Erzen und Seltenen Erden, gilt der europäische Kontinent bei Investoren für einzelne Rohstoffe hingegen als wenig ertragserzielend.

Die Sicherheit des untertägigen Bergbaus unterliegt betrieblichen Abläufen und der Stabilität des Grubengebäudes bis hin zur Tagesoberfläche. Durch Automation von Prozessen können Mitarbeiter von Tätigkeiten mit hoher körperlicher oder klimatischer Belastung entlastet werden. Darüber hinaus bieten Sensornetze die Möglichkeit, gefährliche Expositionen durch Gasaustritte innerhalb von Sekundenbruchteilen zu detektieren und entsprechend innerhalb des Systems zu agieren. So können beispielsweise Fluchtwege situationsbezogen ermittelt und an die betroffenen Mitarbeiter ausgegeben werden. Dies vermindert die klassischen bergbaubezogenen Arbeitsplatzrisiken und trägt letztendlich zu einem sicheren Arbeitsumfeld der Bergleute bei.

Ebenen der Automation

Schon in den 1990er-Jahren hat Finnland mit seinem „Intelligent Mine“-Programm gezeigt, dass der Mensch aus dem eigentlichen Gewinnungsprozess weitestgehend herausgehalten werden kann. Im Wesentlichen ging es in dem Programm um Funktionalitäten für Produktionsmaschinen, die grubenweite Verfügbarkeit von Hochgeschwindigkeitsdatenleitungen sowie Wartungs- und Produktionssteuerungssysteme [Pukkila, Särkka 2000]. Dieser Grundgedanke hat sich während der vergangenen 20 Jahre nicht geändert. Das Thema Automation ist jedoch komplexer, weshalb es von zwei Ebenen aus betrachtet werden muss.

In der Präsentation der Anlagen- und Maschinenhersteller und dem Bewusstsein der Anwender definiert sich industrielle Autonomie durch die Übertragung von Tätigkeiten vom Menschen an die Maschine. Dabei muss dem Anwender vor allem auch das Problem der Systemoffenheit

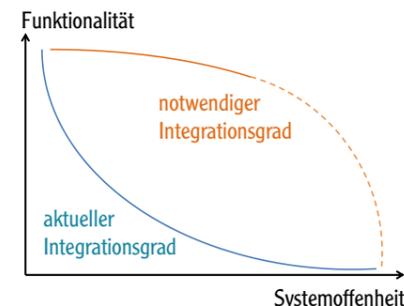


Abb. 1: Integrationsgrad von Anlagen- und Maschinenteknik im Bergbau

verdeutlicht werden. Der Grad der Systemoffenheit beschreibt die Einsatzfähigkeit der Anlage bzw. Maschine neben ihrem Betrieb als singulär wirkende Einheit auch innerhalb eingesetzter übergreifender Prozesse (Abb. 1).

In der ersten Ebene geht es um die Fragestellung, welche Funktionalität durch den Automatisierungsansatz eingebracht wird. Dies umfasst primäre Attribute, wie die Übernahme von Steuerungsaufgaben bis hin zur Aktorik, sowie sekundäre Attribute, zur Überwachung des eigenen Betriebszustands und der Verfügbarkeitserhöhung. Beide Fälle zielen darauf ab, zwischen den Prozessschritten möglichst flüssige Abläufe zu gewährleisten.

Bei den primären Attributen rücken aktuell die Themen Mensch-Maschine-Interaktion und Selektivität in den Vordergrund. Bergbauliche Aktivitäten zeichnen sich durch im Raum fortbewegende Arbeitsbereiche, mit oftmals geringen Platzverhältnissen, aus. Auf diesem Raum müssen Mensch und Maschine parallel agieren und können folglich keine exklusiven Arbeitsbereiche für sich beanspruchen. In puncto Selektivität sind Anlagen gleichfalls gefordert, auf ihre Umgebungsbedingungen einzugehen. Zum Beispiel steuern selektive Bewetterungssysteme in Abhängigkeit von der vor Ort befindlichen Personen bzw. auftretenden Emissionen den Volumenstrom transportierter Frischwetter sowie erforderliche Kühlaktivitäten. Gleichzeitig werden Maschinen über die Werthaltigkeit gewonnener Rohstoffe zukünftig schon im Zuge der Extraktion entscheiden. Dieser Selektionsansatz ermöglicht die echtzeitbasierte Ausrichtung von Gewinnungstechnik, um letztlich zu einer Erhöhung der Wertmineralförderung beizutragen.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der betrieblichen Integrität einer zunehmend komplexen Technologie. Es stellen sich Fragen über die optimale Ausnutzung

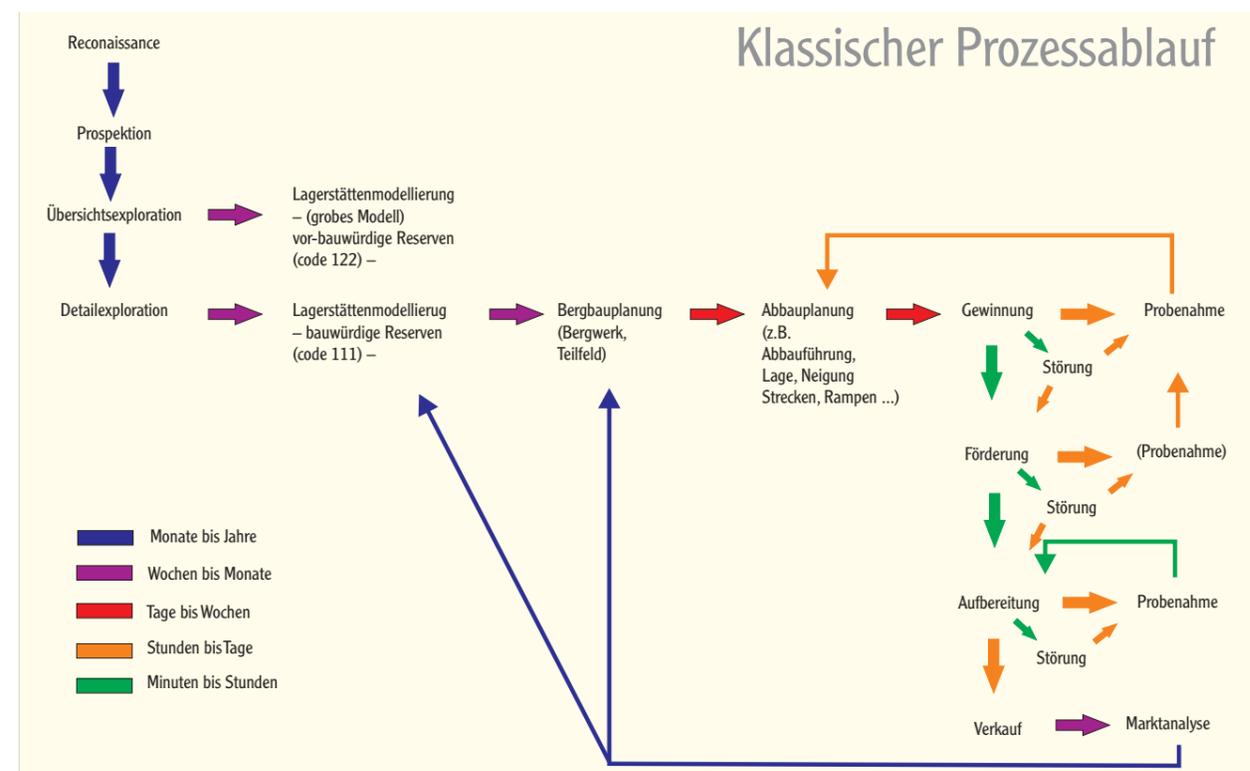


Abb. 2: Konventioneller Bergbauprozess

von Anlagen- und Maschinenkapazitäten sowie der Erhöhung von Maschinenverfügbarkeiten. Realisiert wird dies über eine produktionsbegleitende Auswertung von Betriebsdaten sowie die Einführung eines adaptiven Wartungsmanagements. Diese sekundären Maschinenattribute erlauben den Betrieb von Anlagen- und Maschinenteknik unter höheren Leistungsprofilen, bei gleichzeitiger Minimierung von Verschleiß. Zur nachhaltigen Entlastung des Betreibers müssen die Anlagen und Maschinen in zweiter Instanz jedoch in der Lage sein, den Verschleiß eigener Komponenten selbstständig zu bewerten und anstatt turnusgemäß nur bedarfsfallbezogenen Eingriffe abzurufen.

Die zweite Ebene zielt auf die Unterscheidung zwischen **geschlossenen** und **übergreifenden** Systemen ab. Bei geschlossenen Systemen handelt es sich um proprietäre Lösungen eines Herstellers. Dies können Fahrzeugsysteme, Gewinnungsmaschinen, aber auch Notfallsysteme sein. Innerhalb solcher Lösungen lassen sich Entwicklungen einzelner Automatisierungsansätze ohne Beeinflussung vorantreiben. Entsprechend findet die Entwicklung der Anlagen- und Maschinenteknik folglich bis heute weitestgehend innerhalb des herstellerspezifischen Produktspektrums statt.

Der Gewinnungsprozess zeichnet sich in der Praxis hingegen durch eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Faktoren aus. Kein Anbieter deckt dabei das gesamte Funktionsspektrum ab, weshalb die Vernetzung und Interaktion herstellerübergreifender Systeme in den Fokus rückt. Bei übergreifenden Systemen werden folglich mehrere Systeme zur Realisation einer übergeordneten Aufgabe gekoppelt. Dies bedeutet, dass Anlagen und Maschinen nicht nur Daten, sondern auch Steuerungsanweisungen untereinander austauschen. So werden beispielsweise Fahrzeuge, die heutzutage befähigt sind, allein oder im herstellergleichen Umfeld autonom zu agieren, dies zukünftig auch innerhalb eines heterogenen technischen Umfeldes realisieren müssen. Für entsprechende Interaktionslösungen offerieren Drittanbieter zwar Dienste zur Systemintegration, meist jedoch unter hohem Entwicklungsaufwand und mit eingeschränktem Funktionsspektrum.

Real-Time-Mining

Die europäische Lagerstättensituation erzeugt, wie eingangs erwähnt, ein herausforderndes Investitionsklima. Viele Wertminerale liegen in kleinen, komplexen Lagerstätten vor, mit denen sich fördertechnisch keine Skaleneffekte erzielen lassen. Daher stellt sich die

Herausforderung, auf geologische Störungen einzugehen und zeitgleich Wert- und Nebengestein schon im Gewinnungsprozess zu separieren. Dem versucht das Real-Time-Mining-Konsortium mit einer echtzeitbasierten Ausrichtung von Abbau- und Produktionsplanung zu begegnen.

Der Planungshorizont zwischen Erkundung und Vertrieb bewegt sich klassisch im Zeitraum von Jahren bis Jahrzehnten. Selbst konkrete Abbauplanungen von der Erstellung des Lagerstättenmodells bis zur eigentlichen Gewinnung sind gekennzeichnet durch Zeithorizonte von Monaten bis zu mehreren Jahren. Abb. 2 verdeutlicht diesen Zusammenhang in Form eines Prozessschaubilds. Die Darstellung der Zeiträume zur Informationsvermittlung zwischen abhängigen Einzelschritten wird durch farbliche Indikation verdeutlicht. Im Kern wird ersichtlich, dass neue Erkenntnisse aufgrund der linearen und teilweise verzögerten Informationsweitergabe über große Zeiträume keine Berücksichtigung im Produktionsprozess finden. Erst im Zuge periodischer Planungsaktivitäten wird auf Abweichungen des Lagerstättenmodells und des realen Produktionsprozesses eingegangen. Zuvor operiert der Betrieb unter geringerer Effizienz, baut beispielsweise überproportional Nebengestein ab oder fährt Maschinen mit fehlabgestimmter Einstellung. Besonders

¹ gefördert vom European Union's Horizon 2020 Research and Innovation programme, No. 64189

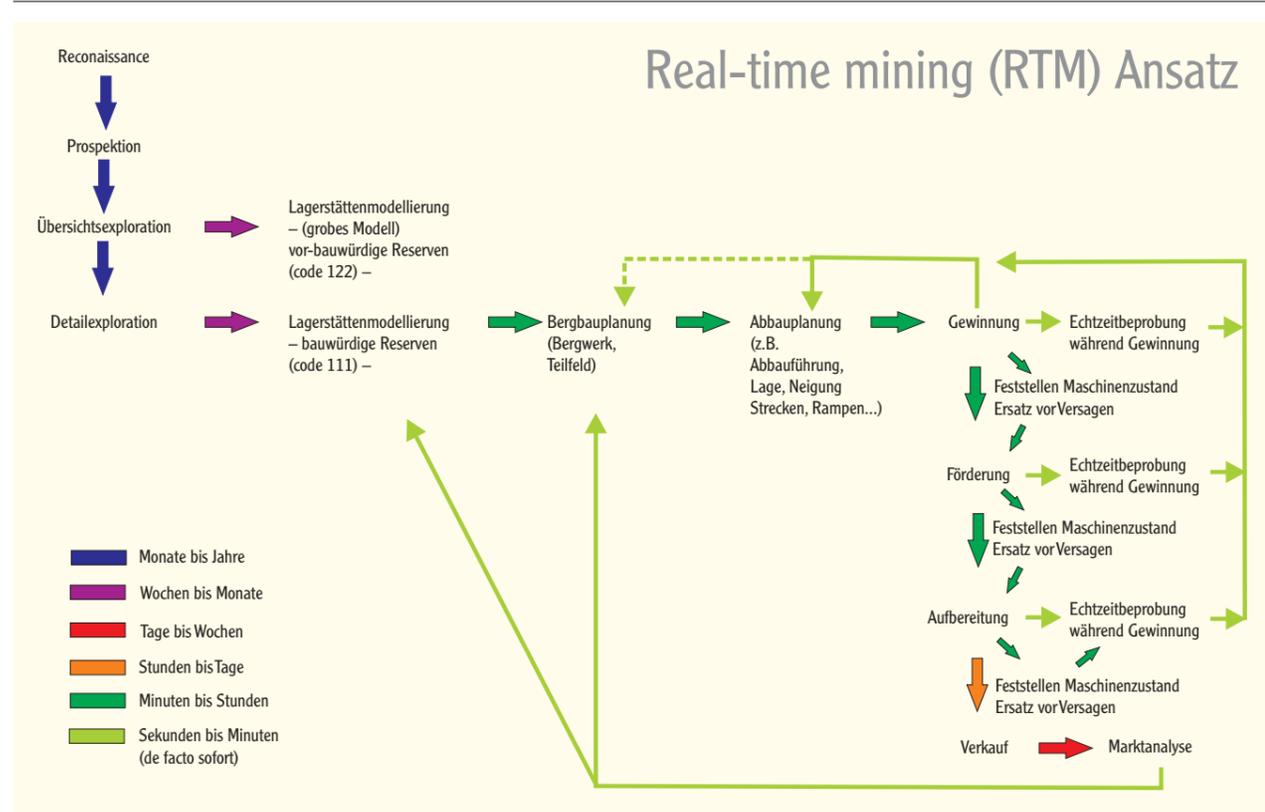


Abb. 3: Bergbauprozess mit Echtzeitinformati-
onsfluss

in kleinen und mittleren Betrieben ist der Kapazitätsverlust aufgrund reaktiv ausgelegter Betriebsorganisation oftmals signifikant, wird aber nicht wahrgenommen.

Im Kontrast dazu steht das Real-Time-Mining-Konzept. Durch ein Zusammenspiel übergreifender Systeme sollen die Betriebseffizienz optimiert und Einheitskosten trotz komplexer Lagerstätten-situation reduziert werden. Die Grundlage bildet ein Werkzeug zur echtzeitbasierten Aktualisierung des Lagerstättenmodells. Hinzu kommen Teilkomponenten für die Funktionalität autonomer Systeme, im speziellen Sensorik zur In-situ-Materialcharakterisierung, unertägigen Standortpositionierung sowie Betriebsüberwachung von Bohrfahrzeugen. Die Messwertdaten werden im Gewinnungsprozess fortlaufend erhoben und mit dem Betriebsplan abgeglichen. Kommt es zu abweichenden Parametern, erhalten die verantwortlichen Instanzen innerhalb von Sekunden Rückmeldung und können quasi in Echtzeit reagieren (Abb. 3).

Anhand des sich in der Entwicklung befindlichen Sensors zur Materialcharakterisierung, in diesem Fall beispielsweise basierend auf dem System LIDAR (*Light Detection And Ranging*) zur Charakterisierung von Erzmineralen, wird der gewonnene Rohstoff unmittelbar auf

Zusammensetzung und Gehalt geprüft. Dies ermöglicht die echtzeitbasierte Prozessbeeinflussung in zwei Richtungen:

- Aktualisierung der Abbauplanung und
- Ausrichtung der nachfolgenden Transport- und Aufbereitungsprozesse.

Im Zuge der Abbauplanung wird geprüft, inwiefern unvorhergesehene geologische Störungen eine Aktualisierung des örtlichen Lagerstättenmodells notwendig machen. Weiterhin wird ermittelt, ob das bei der Sprengung angewandte Bohrschema überproportional Nebengestein hereinbrechen lässt und für nachfolgende Abschlüsse angepasst werden muss. Hinsichtlich des Transportprozesses kann der Materialfluss entsprechend der gewonnenen Qualitäten zielgenau gesteuert und in Bunkeranlagen sortiert bzw. gemischt werden. Dies ermöglicht neben der bedarfsgerechten Bereitstellung von Qualitäten auch die Übermittlung von Vorabinformationen über anstehendes Material an nachgeschaltete Aufbereitungsanlagen bzw. den Vertrieb. Umgekehrt kann nach Kundenbedarf selektiv in einzelnen Abbaugebieten gefördert und somit kurzfristig eine gewünschte Qualität bereitgestellt werden.

Positionierungssysteme für den unertägigen Einsatz von Bergbauausrüstung werden auf Basis unterschiedlicher

Plattformen seit Längerem entwickelt. Die Herausforderung besteht darin, dass unter Tage kein satellitengestützter Abgleich (beispielsweise via GPS) von Positionsdaten möglich ist, die Positionierung und Kalibration des Systems somit lokal auf der Maschine erfolgen muss. Klassisch erfolgt die Positionsbestimmung auf unertägigen Bergbaumaschinen anhand einer inertialen Messeinheit, welche im Einsatzverlauf jedoch betriebsbedingten Abweichungen unterliegt. Dies auszugleichen ist Aufgabe einer zweiten, umgebungsorientierten Komponente. Im Rahmen des Real-Time-Mining-Projekts kommt hierfür ein Ultra-Wide-Band-Konzept zur Anwendung. Dieses nimmt durch Ausnutzung eines breiten Frequenzspektrums eine relative Positionsbestimmung zu definierten Reflektoren vor. Hierdurch wird eine exakte Darstellung im Toleranzbereich von unter 10 cm ermöglicht, was für den Einsatz autonomer Systeme unter beengten Verhältnissen von wesentlicher Bedeutung ist.

Die sensorbasierte Überwachung von Bohrfahrzeugen, schlussendlich, dient der Abstimmung von Betriebsparametern und der Bereitstellung von Informationen über das anstehende Gestein. Die Aufnahme von Kennwerten erfolgt hierbei per Aufnahme von Vibration und Widerstand

am Bohrkopf. Diese Informationen fließen echtzeitbasiert in die Maschinensteuerung, um das aktuelle Bohrregime anzupassen sowie gegebenenfalls einen Bohrkopfwechsel vorzunehmen. Hierdurch wird die Maschine befähigt, sich selbstständig auf ihre Umgebungsbedingungen einzustellen. Sekundär trägt dies zur Lebensdauererhöhung einzelner Komponenten bei, da Lastspitzen vermieden werden und im Zuge gemessener Lastprofile ein Bauteilversagen vorausbestimmt werden kann.

Ausblick

In Zukunft ist der Mensch im Bergbau zunehmend als Wissens- und Kompetenzträger gefragt. Klassische, sich wiederholende Aufgaben werden verstärkt von Maschinen mit ausgeklügelter Sensorik übernommen. Von Seiten der Maschinen- und Anlagenhersteller wird diesem Bereich wachsende Aufmerksamkeit zuteil, schließlich birgt die Erhebung präziser Messwerte ein großes Potenzial für die Optimierung bergbaulicher Prozesse. Neben der konventionellen Bereitstellung der Maschinen haben Hersteller nun die Möglichkeit, eine Vielzahl an Zusatzleistungen, verbunden mit der Aufbereitung und Verarbeitung von Daten, bereitzustellen. Diese Fortschritte erweisen sich insbesondere für den europäischen Markt mit seiner hochkomplexen und divergenten Lagerstätten-situation bei vielen Wertmineralen als wegweisend. Unterstützend greift hierbei das Konzept des Real-Time-Mining-Projekts ein, welches erstmalig erlauben wird, den Produktionsprozess in Echtzeit hinsichtlich der Güte des Wertminerals zu beeinflussen.

Die Herausforderung bei der Automation im Bergbau liegt zurzeit in der noch überwiegend proprietären Auslegung von Systemen. Im Vergleich zu anderen Industriezweigen existieren im Bergbau noch große Barrieren bei der Offenlegung und Vereinheitlichung von Kommunikationsschnittstellen. Verbundsysteme mit herstellerübergreifenden Ansätzen lassen folglich auf sich warten. Dieses Hindernis muss in den kommenden Jahren in Angriff genommen werden. Nur dergestalt werden Bergwerksbetreiber letztendlich befähigt, ihren Produktionsprozess ganzheitlich aufzurüsten und zu steuern.

Referenzen: J. Pukkila, P. Särkka, 2000: Intelligent Mine Technology Program and its Implementation, MassMin 2000, Brisbane

Konsumenten-Kreditinformationssysteme – Ergebnisse einer Umfrage

Christof Morscher, Andreas Horsch, Moritz Fehlhaber

Ein funktionierender (Konsumenten-)Kreditmarkt trägt wesentlich zur volkswirtschaftlichen Entwicklung eines Landes bei.¹ Teilweise wird dieser sogar als *lifeblood of the modern industrialised economy*² bezeichnet. Da aber Kreditbeziehungen zwischen Mittelgeber (Gläubiger) und -nehmer (Schuldner) aufgrund ungleich verteilter Informationen naturgemäß mit Risiken hinsichtlich der Rückzahlung (und der Verzinsung) der ausgereichten Beträge verbunden sind, verwundert es nicht, dass einem solchen Engagement sowohl aufseiten der Mittelgeber als auch aufseiten des zuständigen Regulators eine besondere Aufmerksamkeit gilt. Dabei erwächst die Notwendigkeit eines Regulators aus der traditionellen Kreditgeberrolle der Banken: Sie nehmen erstens eine Sonderstellung ein, da sie

als Instrument der Kredit- und Geldversorgung im Rahmen der Zentralbankpolitik fungieren. Hinzu kommt zweitens ein besonderes Schutzinteresse, das sich zum einen auf einzelne Einleger einer jeden Bank bezieht (Gläubigerschutz) und zum anderen auf die Kreditwirtschaft als Ganzes, da dieser eine gewisse Instabilität innewohnt (Systemschutz).³ Um nun das (effizientere) Funktionieren eines solchen Marktes zu gewährleisten, gibt es u. a. (Konsumenten-)Kreditinformationssysteme, mit deren Hilfe einerseits die vorgenannte asymmetrische Informationsverteilung zwischen den Vertragspartnern reduziert, darauf basierend eine verbesserte risikoadjustierte Mittelverwendung erreicht, der Zugang zu Krediten erleichtert und zugleich die Informationsversorgung der Aufsicht verbessert werden soll, sodass eine (Früh-)Erkennung von potenziellen Gefahren und entsprechen-

Kreditinformationssysteme

Bei Konsumenten-Kreditinformationssystemen (KIS) handelt es sich um (Informations-)Intermediäre, die zusätzlich zu den originären Akteuren einer Kreditvergabe in eine Kredittransaktion involviert werden, um Informationsasymmetrien zu bewältigen (vgl. Abb. 1).

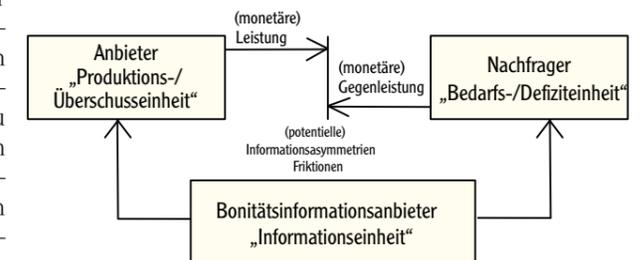


Abb. 1: Reduzierung von Informationsasymmetrien durch (Informations-)Intermediäre (in Anlehnung an Horsch (2008), S. 120.)

Indem sie Daten über (potenzielle) Mittelnehmer sammeln, für eine gewisse Zeit speichern, auswerten und (an mögliche Mittelgeber) weiterleiten, tragen KIS zum Funktionieren von Kreditmärkten bei, indem sie Informationsasymmetrien abbauen und auf diese Weise Kontrakte erleichtern und z. T. erst möglich machen. In verschiedenen Ländern lassen sich teilweise keine, nur private, nur öffentliche oder private und öffentliche KIS nebeneinander finden. Deutschland hat ein duales System, wobei insbesondere die Schufa GmbH als wohl eine der bedeutendsten Institutionen auf diesem Gebiet zu nennen ist.⁵

1 Vgl. dazu bspw. Picot et al. (2007), S. 37ff.
2 Vgl. Cork (1982), S. 10.
3 Vgl. zu den beiden ersten Argumenten: Stützel (1983), S. 9ff.; zum Gläubiger-/Systemschutz Burghof/Rudolph (1996), S. 17ff.

4 Vgl. International Finance Corporation (2012), S. 4f.; Morscher (2015), S. 557.
5 Vgl. Horsch/Morscher (2015), S. 1106; Weltbank (2016a, 2016b).

Die Schufa

Die Schutzgemeinschaft für allgemeine Kreditsicherung (kurz „Schufa“) wurde 1927 gegründet und gilt gemeinhin als die größte und wichtigste Auskunftei in Deutschland.⁶ Dabei umfasste ihr Datenbestand per Mai 2016 797 Mio. Informationssätze, wobei sie über Daten zu 66,4 Mio. natürlichen Personen und 5,2 Mio. Unternehmen verfügt. Pro Tag werden von ihr rund 350.000 Auskünfte an Verbraucher sowie Vertragspartner erteilt. Dabei summiert sich die Anzahl der Vertragspartner aus der Kreditwirtschaft, dem Handel und aus dem Dienstleistungsbereich auf ca. 9.000 Firmenkunden. Der Anteil der vertragsgemäß bedienten Ratenkredite ist laut den Daten der Schufa in Deutschland konstant hoch: Nur durchschnittlich 2,4% aller in Deutschland aufgenommen Konsumentenkredite wurden im Jahr 2015 nicht ordnungsgemäß zurückgezahlt. Umgekehrt formuliert, wurden 97,6% vertragsgemäß bedient.⁷

Design der Umfrage

Um hohe Rücklaufquoten zu gewährleisten, wurde ein nur einseitiger Umfragebogen mit insgesamt elf Fragen konzipiert. Davon wiederum betreffen die ersten fünf Fragen demografische Faktoren, und die weiteren sechs direkt das Untersuchungsthema. Im Mittelpunkt der Untersuchung standen insbesondere die Einschätzungen und das Wissen der Befragten zu den KIS. Die Befragung konzentrierte sich zum einen auf Studierende der TU Bergakademie Freiberg sowie auf eine Straßenbefragung in der Freiburger Innenstadt, zum anderen auf eine Umfrage an der Ruhr-Universität Bochum, die im Zeitraum vom 27. Juni bis zum 7. Juli 2016 durchgeführt wurde. Eine Übersicht dazu sowie zu den Umfrageteilnehmern bietet *Tabelle 1*. Da sich das Wissen der ausländischen Teilnehmer über das institutionelle Design sowie die Charakteristiken des Kreditmarkts in Deutschland als zu beschränkt erwies, wurden letztlich nur die Fragebögen jener Befragten ausgewertet, die angabegemäß aus Deutschland stammen. Dementsprechend erfasst die Befragung immerhin noch 626 Personen, wobei anzumerken ist, dass nicht durchweg alle Fragen beantwortet wurden und sich die folgenden Resultate bzw. Prozentzahlen daher nur auf die beantworteten Fragen beziehen.

⁶ Vgl. zur Geschichte Schufa GmbH (2016b); Jentzsch (2007), S. 89ff.
⁷ Vgl. Schufa GmbH (2016c), S. 4, 17.

Tab. 1: Übersicht zu den Teilnehmern der Befragung (m = männlich, w = weiblich, k.A. = keine Angabe, unbek. = unbekannt)

Teilnehmer	Anzahl	Geschlecht			Alter				Herkunftsland	
		m	w	k.A.	<21	21–25	>25	unbek.	Deutschland	unbek./anderes
Freiberg										
Universität	113	75	37	1	38	56	18	1	101	12
Straßenbefragung	76	34	42	0	8	2	66	0	72	4
Bochum										
Universität	562	274	284	4	198	312	52	0	453	109
Summe	751	383	363	5	244	370	136	1	626	125

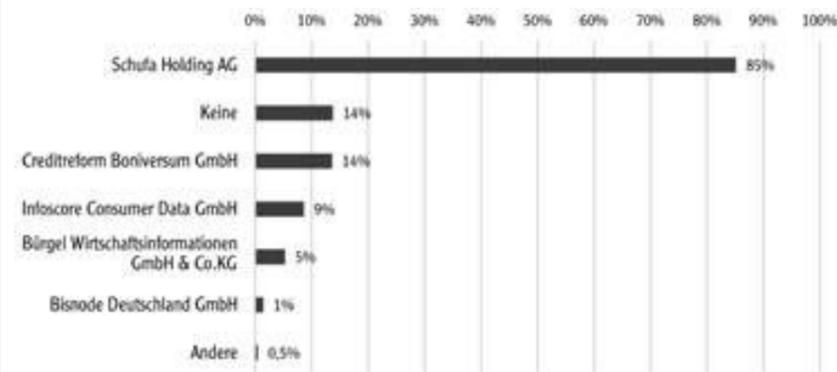


Abb. 2: Bekanntheitsgrad der Auskunfteien in Deutschland

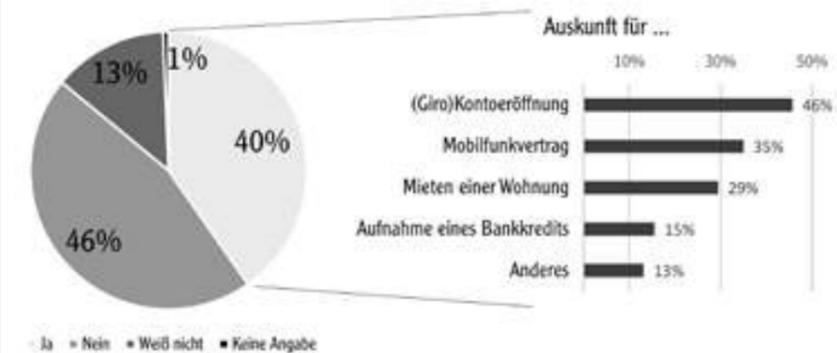


Abb. 3: Verwendung von Auskunfteien

Umfrageresultate

Mit der ersten inhaltlichen Frage wurde der Bekanntheitsgrad verschiedener Auskunfteien eruiert, wobei die in *Abb. 2* dargestellten Antworten vorgegeben waren. Wie zu erkennen ist, besitzt die Schufa den (mit Abstand) höchsten Bekanntheitsgrad, gefolgt von Creditreform und Infocore, wobei 14% der Befragten angaben, gar keine der Auskunfteien zu kennen. Der in der Umfrage erzielte Wert für die Schufa ist etwas niedriger als der, den die Schufa selbst (95%) bzw. eine größere Umfrage von 2013 (97,8%) ausweisen, wofür im vorliegenden Fall die Grundgesamtheit der Umfrage verantwortlich sein könnte.⁸

⁸ Vgl. Schufa GmbH (2016d); ULD / GP Forschungsgruppe (2014), S. 96.

Interessant sind auch die Antworten auf die Frage, ob die Befragten schon einmal die Auskunft einer Auskunftei verwenden bzw. der Verwendung derselben zustimmen mussten. Immerhin 40% der Befragten bejahten diese Frage.⁹ 46% der Zustimmenden gaben an, dies für eine (Giro-)Kontoeröffnung, 35% für einen Mobilfunkvertrag, 29% für das Mieten einer Wohnung, 15% für die Aufnahme eines Kredits sowie 13% für andere Zwecke getan zu haben. Insofern scheinen viele – da es sich beim Großteil der Befragten um Studierende handelt – schon in relativ jungen Jahren mit Auskunfteien in Verbindung zu kommen.

⁹ Es wurden auch jene bei „Ja“ berücksichtigt, die dies nicht explizit bei dem Fragebogen ankreuzten, jedoch einen Verwendungszweck angaben.

Bei den nächsten drei Fragen wurden verschiedene Einschätzungen erhoben. So zeigt der linke Boxplot in *Abb. 4* die Umfrageresultate zu der Einschätzung darüber, wie viele Konsumentenkredite in Deutschland ordnungsgemäß zurückgezahlt werden (in Prozent), der zweite, über wie viele natürliche Personen in Deutschland die Schufa Daten besitzt (Prozent) und der rechte, wie lange personenbezogene Daten von der Schufa maximal gespeichert werden dürfen (Jahre).

Die meisten Befragten unterschätzten demnach die (laut Schufa konstant) hohe Rate der vertragsgemäß bedienten Ratenkredite. Dasselbe Phänomen scheint bei der Einschätzung zum Abdeckungsgrad der Schufa (faktisch 100%) zu bestehen, wengleich auch hier die Tendenz der Antworten richtig ist. Die Länge der Datenspeicherung kann demgegenüber nicht in eine einzige Zahl gefasst werden, da sie je nach Datenart variiert: So werden Angaben zu Anfragen nach zwölf Monaten, zu Krediten drei Jahre nach dem Jahr der Rückzahlung und zu Versandhauskonten bei Tilgung gelöscht.

Mit der letzten Frage wurde erhoben, welche personenbezogenen Daten die Schufa nach Ansicht der Befragten speichert, wobei die in der *Abb. 5* genannten Antwortmöglichkeiten vorgegeben waren. Laut Schufa ist es so, dass sie Namen, Geburtsdatum und ggf. Geburtsort, die Anschrift, eventuell sonstige – auch frühere – Anschriften und einen persönlichen SCHUFA-Basissscore speichert und von Vertragspartnern Informationen über Bankkonten, Kreditkarten, Leasingverträge, Telekommunikationskonten, Versandhandelskonten, Ratenzahlungsgeschäfte sowie über Kredite und Bürgschaften erhält. Hinzukommen können Informationen zu nicht-vertragsgemäßem Verhalten (z.B. Zahlungsausfälle) und Informationen aus öffentlichen Verzeichnissen. Keine Informationen hat die Schufa zu Vermögen und Einkommen, Marketingdaten (Kaufverhalten o. ä.), Beruf, Lebenseinstellungen und Mitgliedschaften, Familienstand und Nationalität.¹⁰ Es zeigt sich, dass die Umfrageresultate hierzu teilweise erheblich gegenüber den Angaben der Schufa abweichen.

Fazit

Die Erhebungsergebnisse bestätigen, dass es sich bei Auskunfteien um

¹⁰ Vgl. Schufa GmbH (2016a); Schufa GmbH (2016c), S. 17.

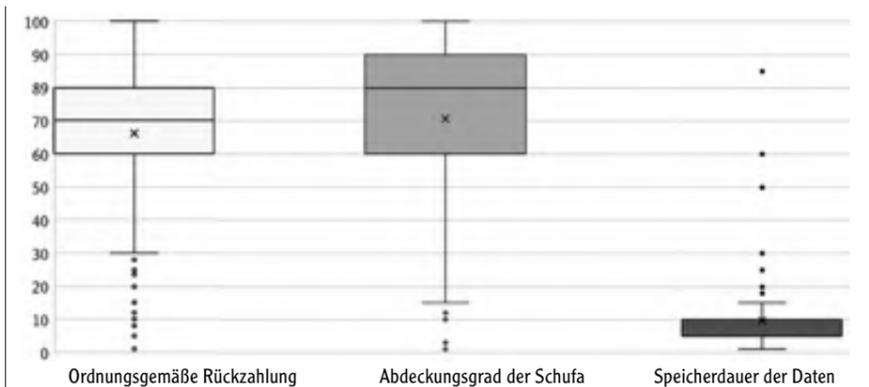


Abb. 4: Boxplots verschiedener Einschätzungen

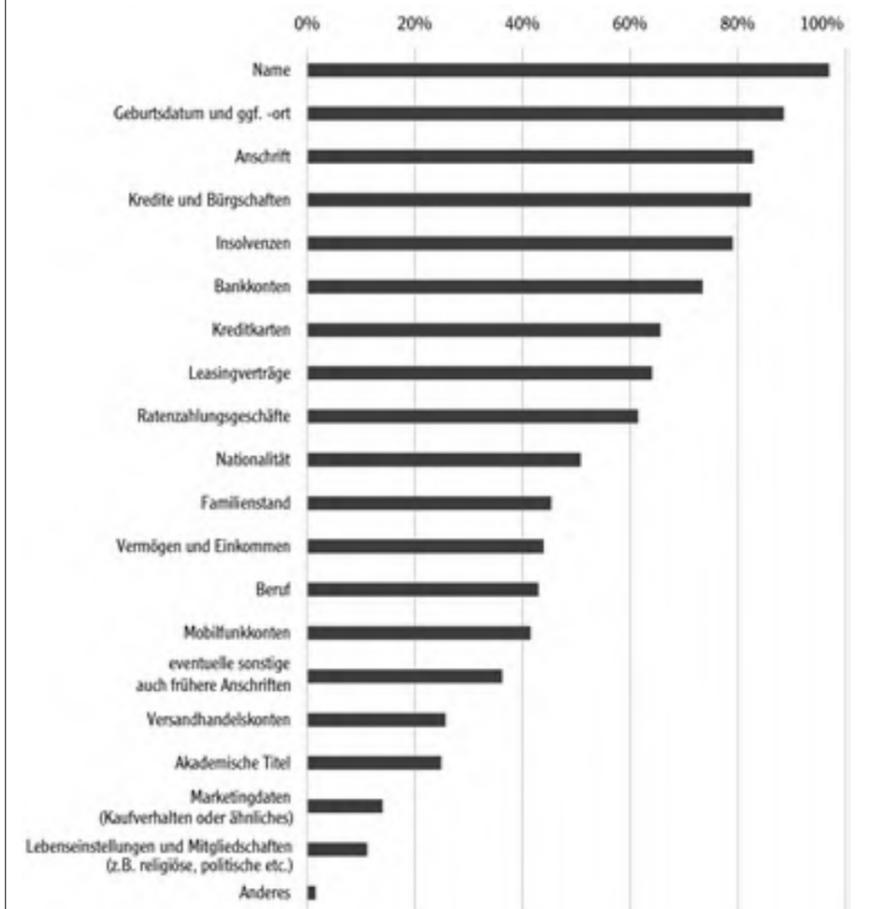


Abb. 5: Umfrageresultate zur Datenspeicherung der Schufa

wichtige Institutionen handelt, die ein großer Teil der Befragten kennt und auch bereits im aktiven Einsatz erlebt hat. Die hierzu gemachten Einschätzungen der Befragten erwiesen sich als in der Tendenz zwar richtig, jedoch wurde auch deutlich, dass ein Großteil der Befragten noch recht wenig informiert ist. Gerade im Hinblick auf die potenziell weitreichenden Auswirkungen von negativen Einträgen bei Auskunfteien scheint dies bedenklich.

Literatur

- Burghof, Hans-Peter; Rudolph, Bernd (1996): Bankenaufsicht – Theorie und Praxis der Regulierung, Wiesbaden.
- Cork, Kenneth (1982): Insolvency Law and Practice, Report of the Review Committee, Cmnd. 8558, London.
- Horsch, Andreas (2008): Rating und Regulierung, Ökonomische Analyse der Prozesse, Strukturen und Regeln der Märkte für Ratings, Baden-Baden, zugl. Habil. Univ. Bochum, 2007.
- Horsch, Andreas; Morscher, Christof (2015): Analytical Credit Dataset – Harmonisierung der Datengrundlage auf EU-Ebene, in: Zeitschrift für

das gesamte Kreditwesen, 68. Jg., S. 1105-1109.

- International Finance Corporation (2012): Credit Reporting Knowledge Guide, Washington, D.C.
- Jentzsch, Nicola (2007): Financial Privacy, An International Comparison of Credit Reporting Systems, 2. Aufl., Berlin/Heidelberg.
- Morscher, Christof (2015): Kreditinformationssysteme, in: WISU – Das Wirtschaftsstudium, 44. Jg., S. 557.
- Picot, Arnold; Theurl, Theresia; Dammer, Arne; Neuburger, Rahild (2007): Transparenz in Kreditmärkten, Auskunfteien und Datenschutz vor dem Hintergrund asymmetrischer Information, Frankfurt am Main.
- Schufa GmbH (2016a): Daten bei der SCHUFA, [https://www.schufa.de/de/ueber-uns/daten-](https://www.schufa.de/de/ueber-uns/daten-scoring/daten-schufa/)

scoring/daten-schufa/, Zugriff: 25.07.2016.

- Schufa GmbH (2016b): Geschichte der Schufa, <https://www.schufa.de/de/ueber-uns/unternehmen/geschichte-schufa/>, Zugriff: 20.07.2016.
- Schufa GmbH (2016c): Schufa Kredit-Kompass 2016, Empirische Untersuchung der privaten Kreditaufnahme in Deutschland, Konsumentenverhalten in Zeiten des Online-Payments, Wiesbaden.
- Schufa GmbH (2016d): SCHUFA-Quiz, <https://www.schufa.de/media/quizueberuns/>, Zugriff: 25.07.2016.
- Stützel, Wolfgang (1983): Bankpolitik heute und morgen – Ein Gutachten, 3. Aufl., Frankfurt am Main.

- ULD – Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD)/GP Forschungsgruppe (2014): Scoring nach der Datenschutz-Novelle 2009 und neue Entwicklungen, Abschlussbericht, Az.: 314-06.01-2812HS021, Förderkennzeichen: 2812HS021, 01.06.2013 – 23.05.2015, Kiel/München.
- Weltbank (2016a): Private credit bureau coverage (% of adults), <http://data.worldbank.org/indicator/IC.CRD.PRVT.ZS?end=2015&start=2004&view=map&year=2015>, Zugriff: 20.07.2016.
- Weltbank (2016b): Public credit registry coverage (% of adults), <http://data.worldbank.org/indicator/IC.CRD.PUBL.ZS?end=2015&start=2004&view=map&year=2015>, Zugriff: 20.07.2016.

Neue Drittmittelprojekte am Institut für Industrie-archäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte

Helmuth Albrecht, Professur für Technikgeschichte und Industriearchäologie

Seit Herbst 2015 hat am IWTG der TU Bergakademie Freiberg neben dem seit geraumer Zeit laufenden Projekt zur wissenschaftlichen Vorbereitung des Welterbe-Antrags „Montane Kulturlandschaft Erzgebirge/Krušnohoří“ eine ganze Reihe von neuen drittmittelfinanzierten Forschungsprojekten begonnen, deren Themen die Leistungsfähigkeit und das breite wissenschaftliche Spektrum des Instituts verdeutlichen. Insgesamt belaufen sich die vom IWTG seit Ende 2015 eingeworbenen Drittmittel auf eine Summe von etwas über 1 Mio. €. Im Folgenden sollen die neu begonnenen Projekte kurz vorgestellt werden.

Bergbaukultur im Medienwandel – Fotografische Deutungen von Arbeit, Technik und Alltag im Freiburger Raum

Prof. Dr. Helmuth Albrecht, Dr. Andreas Benz, Dr. Ulrich Thiel

Dieses auf drei Jahre angelegte Gemeinschaftsprojekt des IWTG, des Stadt- und Bergbaumuseums (SBM) Freiberg und der Kustodie der TU Bergakademie Freiberg mit einem Finanzierungsvolumen von 357.000 € wurde Ende Juni 2016 von der VolkswagenStiftung im Rahmen des Programms „Forschung im Museum“ bewilligt. Mit diesem Programm will die Stiftung vor allem kleinen und mittleren Museen die Möglichkeit bieten, bisher unerforschte Sammlungsbestände in Zusammenarbeit mit universitären Einrichtungen zu erschließen und zu analysieren.

Auf der Pressekonferenz am 9. September stellte die Universität, die Stadt und das Museum das Projekt erstmals



(v.l.) Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, Dr. Ulrich Thiel vom Stadt- und Bergbaumuseum, Prof. Helmuth Albrecht sowie Oberbürgermeister Sven Krüger in der Fotothek im Stadt- Bergbaumuseum Freiberg zur Pressekonferenz

vor. Das Freiburger Projekt bezweckt eine fothistorische Untersuchung der umfangreichen Fotobestände des Stadt- und Bergbaumuseums (SBM) zum Montanwesen der Region Freiberg. Sie veranschaulichen, wie stark der jahrhundertlang betriebene Erzbergbau Landschaft, Stadtgestalt, Lebensweise und Mentalität des Freiburger Raumes prägte. Durch die fothistorische Untersuchung soll zugleich gezeigt werden, wie die Fotografie selbst seit Mitte des 19. Jahrhunderts die Regionalgeschichtsschreibung Freibergs mit geformt hat.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird ein aus Wissenschaftlern und Museologen zusammengesetztes Team die themenrelevanten Fotobestände aus dem mehr als 90.000 Objekte umfassenden Gesamtfundus des SBM systematisch digitalisieren. Außer der Sammlung des SBM wird zudem ein bisher nicht erschlossener Bestand an Großdias der Kustodie der Bergakademie untersucht.



Freiberg – In der Mannschaftstube der Alten Elisabeth 1907

Die diversen Bildstile, Inszenierungen und Porträts werden nach ikonografischen Gesichtspunkten untersucht und mit Bildbeständen aus anderen Bergbauregionen verglichen. Hierfür konnten das Deutsche Bergbau-Museum Bochum, das Ruhr Museum Essen, das Weltkulturerbe-Erzbergwerk Rammelsberg in Goslar und das Bergbaumuseum Oelsnitz als Kooperationspartner gewonnen werden. Weitere Projektpartner sind die Deutsche Fotothek in Dresden sowie das Institut für Sächsische Geschichte und Volkskunde. Ein wissenschaftlicher Beirat wird das Projekt durchgehend begleiten und inhaltlich unterstützen. Im Frühjahr 2019 werden die Ergebnisse schließlich mit einer Ausstellung im Stadt- und Bergbaumuseum der Öffentlichkeit präsentiert, zu der auch ein umfassender Katalog mit ausgewählten Objekten erscheint. Darüber hinaus sollen dann alle digitalisierten Bildbestände über die Deutsche Fotothek öffentlich zugänglich gemacht sein.



Kleinvoigtsberg – Alte Hoffnung Gottes 1910



Kleinvoigtsberg – Alte Hoffnung Gottes 1909



Freiberg – Anfahrnde Bergleute nach dem Elisabethschacht 1906



Halsbrücke – Berg- oder Hüttenarbeiter 1950er-Jahre

Auf den Spuren des mittelalterlichen Bergbaus im Erzgebirge

Dipl.-Ing. Arch. Axel Rührich

Seit Herbst 2015 ist das IWTG ein Partner im internationalen Projekt ArchaeoMontan, das sich der Erforschung des mittelalterlichen Bergbaus im sächsisch-böhmischen Erzgebirge widmet. Das Projekt mit einem Finanzierungsvolumen von 250.000 € ist Bestandteil des durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung geförderten Kooperationsprogramms zur Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik 2014–2020. Im Rahmen dieses Projekts arbeiten Archäologen, Historiker, Vermessungsingenieure, Geologen und Informatiker aus Sachsen und Tschechien an der Dokumentation und Interpretation mittelalterlicher Bergbauspuren. Das IWTG beteiligt sich daran seit März 2016 mit einer Erschließung des Archivalienbestands des Oberbergamts im Bergarchiv Freiberg.

Der Ursprung des Montanarchivs ist die sog. Verwaltungsüberlieferung des Oberbergamts Freiberg, das sich im 16. Jahrhundert als mittlere Montanverwaltungsbehörde im albertinischen Sachsen etablierte. Zu den bedeutendsten Beständen des Sächsischen Bergarchivs gehören deshalb auch die unter der Bestandsnummer 40001 aufbewahrten Archivalien des Oberbergamts Freiberg aus den Jahren 1407 bis 1942 mit 4.402 Einzeltiteln. Dieser Archivbestand verfügt bisher lediglich über ein unzureichendes Findungshilfsmittel in Form der Konversion eines Behördenrepertorioms aus dem 19. Jahrhundert. Um den Bestand für die Erforschung des mittelalterlichen Bergbaus nutzbar zu machen, wird dieser nach den heutigen Standards gemäß der Erschließungsrichtlinie des Sächsischen Hauptstaatsarchivs neu erschlossen.

Im Zuge dieser Erschließung wird der Archivbestand auch auf Informationen zum frühen Bergbau im Erzgebirge vom 12. bis 15. Jahrhundert hin ausgewertet. Die Analyse wird sich dabei auf die sächsischen Teile der beiden Referenzgebiete (Sachsen und Böhmen) des Projekts fokussieren, namentlich auf die früheren Bergbauzentren zwischen Dippoldiswalde und Zinnwald sowie um Jöhstadt.

Im Ergebnis der Aufarbeitung und Erschließung des Archivbestands werden Historiker, Archäologen und auch Laienforscher schneller und zielsicherer auf für sie relevante Daten zugreifen können. Um die



Forschung in den Archivalien des Oberbergamts Freiberg im Sächsischen Bergarchiv



Erkundung spätmittelalterlicher Grubenbaue in Freiberg

Erkenntnisse zum gemeinsamen mittelalterlichen Kulturerbe für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wird das Projekt wichtige inhaltliche Orientierungspunkte für die Gestaltung des für Dippoldiswalde geplanten „Zentrums für den mittelalterlichen Bergbau im Erzgebirge“ liefern.

Welterbe-Koordinierungsstelle des Freistaates Sachsen

Friederike Hansell M.A.

Im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums des Innern hat das IWTG ab Dezember 2015 im Rahmen eines zunächst auf zwölf Monate abgeschlossenen Vertrags mit einem Finanzierungsumfang von rund 120.000 € mit dem Aufbau der neuen „Welterbe-Koordinierungsstelle des Freistaates Sachsen“ in Dresden-Hellerau begonnen. Frau Hansell, Mitarbeiterin der IWTG-Welterbe-Projektgruppe, wurde zur Welterbe-Koordinatorin des Freistaates ernannt. Gemeinsam mit einer weiteren wissenschaftlichen Mitarbeiterin des IWTG betreut sie die Koordinierungsstelle in Dresden-Hellerau.

Aufgabe der Koordinierungsstelle ist es, alle sächsischen Welterbeangelegenheiten

nach innen und außen hin zu koordinieren, die laufenden und künftigen Welterbe-Anträge des Freistaates zu unterstützen und die kommunalen und staatlichen Einrichtungen in Sachsen zum Thema Welterbe fachlich zu beraten. Darüber hinaus sollen im Rahmen des Projekts potenzielle, neue Welterbe-Kandidaten in Sachsen identifiziert, Konzepte zur Konfliktvermeidung und Strategien zum Schutz und zum Erhalt von Welterbestätten und weiterer bedeutender Kulturdenkmale im Freistaat sowie ein Förderkonzept zur Stärkung des Welterbegedankens in Sachsen entwickelt werden. Im Interesse der Vermittlung des Welterbegedankens konzentriert sich die Arbeit der Koordinierungsstelle vor allem auf die Kinder- und Jugendarbeit, den Aufbau einer Internetseite zum Thema Welterbe in Sachsen sowie auf die Vorbereitung und Durchführung von Veranstaltungen – z.B. von Fachtagungen – zu welterberelevanten Themen. Im Rahmen der Europäischen Denkmalmesse in Leipzig gestaltete die Koordinierungsstelle gemeinsam mit dem IWTG und anderen Partnern im November 2016 einen internationalen Workshop zum Thema „Vermittlung des Welterbegedankens“.

Konversionsprozesse im Sächsischen Steinkohlerevier nach 1945

Kathrin Krüner M.A. MSc.

Das Thema dieses Forschungsvorhabens ist eingebettet in das von der RAG-Stiftung am Deutschen Bergbaumuseum (DBM) in Bochum finanzierte Großforschungsprojekt „Gedächtnis des deutschen Steinkohlenbergbaus“ (GdS) mit seinen drei Teilprojekten (1) Steinkohle als Georesource der Moderne, (2) Ausstellung (Haus des Bergbaus) und (3) Sammlung: „Getrenntes Bewahren – gemeinsame Verantwortung“. Hintergrund des Projekts ist das für 2018 terminierte Auslaufen der Steinkohlenförderung im Ruhrgebiet, mit dem ein bedeutender Abschnitt der deutschen Wirtschafts- und Technikgeschichte zu Ende geht. Im Rahmen des Teilprojekts „Steinkohle als Georesource der Moderne“ (SGM) sollen die historische Entwicklung und die nicht nur wirtschaftliche Bedeutung des deutschen Steinkohlenbergbaus im internationalen Kontext erforscht werden.

Das SGM-Pilotprojekt „Vom Boom zur Krise: der deutsche Steinkohlenbergbau nach 1945“ untersucht zunächst den Umgang mit bergbaulichen Georesourcen im Kontext sozialer, kultureller, technischer

und wirtschaftlicher Entwicklungen. Das DBM hat dafür gemeinsam mit dem IWTG ein Graduiertenkolleg etabliert, in dem neben zwei Post-Doc's sechs Doktoranden/innen tätig sind. Das bis 2018 laufende Pilotprojekt verfolgt zwei Themenlinien. Die erste beschäftigt sich mit „Innovationskulturen im Wandel nach 1945“, wobei bergbauspezifische Innovationsleistungen in den Bereichen Technik, Wissenschaft und Unternehmensorganisation/-strategie untersucht werden. Die zweite Themenlinie, zu der auch das IWTG-Teilprojekt mit einem Finanzierungsvolumen von 87.000 € gehört, befasst sich mit Transformations- und Konversionsprozessen montanindustriell geprägter Reviere und den für sie entwickelten Strategien der kulturellen In-Wert-Setzung der materiellen und ideellen Hinterlassenschaft des Bergbaus. Drei vergleichend aufeinander bezogene Studien beschäftigen sich mit den Erinnerungskulturen in den USA rund um die Steinkohlevorkommen der Stadt Pittsburgh, im Steinkohlerevier in Großbritannien und im Ruhrgebiet wie auch mit der entsprechenden Entwicklung in den sächsischen Steinkohlerevieren.

Im Rahmen der Freiburger Teilstudie soll untersucht werden, wie sich im Kontext der Konversionsprozesse in den sächsischen Steinkohlerevieren von Zwickau, Lugau-Oelsnitz und Freital die dortige Erinnerungskultur zwischen 1945 und heute entwickelt hat. In den drei Untersuchungsbereichen Denkmale/Monumente, Vereine/Knappschaften und Museen werden dazu die Beiträge und Strategien der beteiligten Akteure und Institutionen zur Pflege und Aufrechterhaltung des montanindustriellen Erbes in der Zeit vor und nach der deutsch-deutschen Wiedervereinigung in Sachsen analysiert.

Energiewende und Kulturlandschaftsschutz – Abschätzung potenzieller Auswirkungen von Windenergieanlagen auf die montane Kulturlandschaft Erzgebirge/Krušohorí mittels Geoinformationssystemen (GIS)

Patrick Wieduwilt MSc.

Die Landschaft als Ressource für ökologischen Fortschritt – unter diesem Gesichtspunkt kann unsere Landschaft als „Kraftwerk“ für die anvisierte Energiewende verstanden werden. Landschaft ist jedoch nicht nur eine Ressource für erneuerbare Energiequellen, sondern zugleich auch Identitätsstifter unserer Kultur. Eine für alle sichtbare negative

Begleiterscheinung der Energiewende ist der steigende Flächenverbrauch, der aus der Einrichtung von Solarfeldern und Windparks resultiert. Nicht selten werden solche Veränderungen im Kontext der gesellschaftlichen Wertvorstellungen als gravierender Eingriff in die Natürlichkeit unseres Lebensraums empfunden.

Das im Rahmen eines Landes-Graduiertenstipendiums im Umfang von ca. 58.000 € geförderte Promotionsvorhaben verbindet mittels seiner interdisziplinär angelegten Schnittstellenforschung die Druckpunkte des Problembereichs der erneuerbaren Energiequellen mit den Anforderungen der Raumplanung und des Denkmalschutzes als gemeinschaftlich zu verfolgendes Ziel bei der Planung von Windenergieprojekten. Mit der Anwendung von GIS-gestützten Sichtraumanalysen sollen Lösungsansätze für diese Schwerpunktprobleme, besonders auf der Ebene der Regionalentwicklung, gefunden werden.

Im Fokus der Energiepolitik des Freistaats Sachsen steht der Ausbau der Windenergie. Mit gezielter Ertüchtigung technisch veralteter Windenergieanlagen, mit Planungen zu möglichen Standorten sowie der wohlüberlegten Erschließung neuer Standorte soll die Deckung des Bruttostrombedarfs aus erneuerbaren Energiequellen gesteigert werden. Aufgrund der dichten Besiedelung des Freistaats wird es bei der Ausweisung zusätzlicher Windpark-Standorte zu Interessenkonflikten zwischen dem Anliegen der Erhaltung bestehender Kulturlandschaften und deren bisherigem Erscheinungsbild mit den Zielen des Ausbaus der Windenergiebasis kommen.

Mit der Bewerbung der „Montanregion Erzgebirge“ um Aufnahme in das UNESCO-Weltkulturerbe könnte es zu einem Interessenkonflikt zwischen den Ausbauzielen der Windenergie-Wirtschaft und dem Anliegen des Erhalts einer wichtigen Kulturlandschaft kommen. Im Rahmen der Studie sollen mögliche Konfliktpotenziale, speziell zwischen für die Windstromindustrie interessanten Teilarealen der Region Chemnitz und dem Anliegen des Schutzes von Kulturdenkmälern der Montanregion Erzgebirge, lokalisiert und Maßnahmen für eine erfolgreiche und nachhaltige Integration beider Entwicklungsziele in eine erfolgreiche Regionalentwicklung aufgezeigt werden. Ausgehend von einer Analyse bisheriger Konfliktfälle werden Lösungsansätze für die Regionalplanung des Freistaats Sachsen entwickelt,

Potenzialflächen für Windenergie detailliert mit Sichtraumanalysen (GIS-gestützt) hinsichtlich ihrer landschaftsbildprägenden Wirkung auf betroffene Kulturdenkmale untersucht und einer Empfindlichkeitsanalyse unterzogen. Ziel dieser Methodik ist die Entwicklung eines objektivierte Bewertungsschemas für die Sichtbeziehungen zwischen Windenergieanlagen und Kulturdenkmälern, das künftig nicht nur in Sachsen zur Anwendung kommen kann.

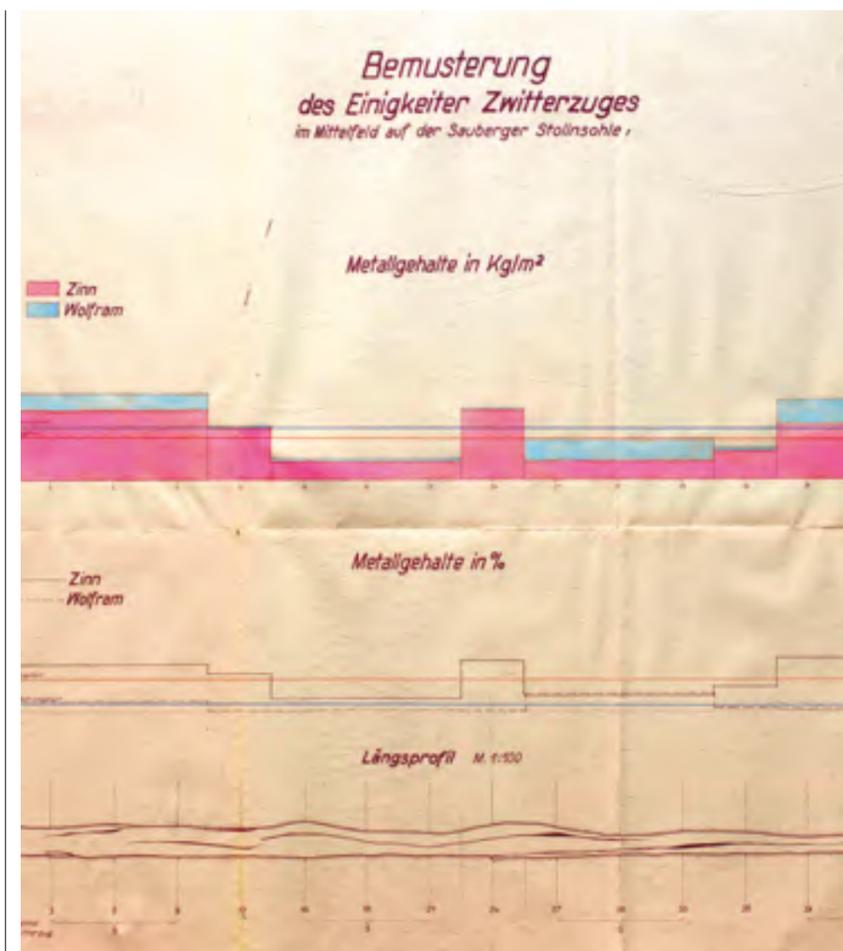
ROHSA 3 – Erfassung rohstoffgeologischer Daten mit Hilfe montan-historischer Quellen im Sächsischen Staatsarchiv/Bergarchiv Freiberg

Dipl.-Kult. Nele-Hendrikje Lehmann,

Judith Sachse MSc.

Das Projekt ROHSA 3, Rohstoffe in Sachsen, dient der systematischen Erschließung und Erfassung rohstoffgeologischer Daten des Landes Sachsen. Das vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) sowie vom Sächsischen Oberbergamt (SOBA) getragene Projekt greift hierfür auf geo- und montanhistorische Quellen in Gestalt verschiedener sächsischer Archive zurück, um bereits vorhandene Informationen zu sammeln, zu systematisieren und zu dokumentieren. Die Daten sollen potenziellen Bergbauinvestoren zur Verfügung gestellt werden und so deren Aufwendungen in der Erkundungsphase verringern. Für ein erstes Teilprojekt (ROHSA 3.1) wurde ein Pilotgebiet zwischen Stollberg, Schwarzenberg, Zöblitz und Reitzenhain mit einer Gesamtfläche von 740 km² ausgewählt.

Dem Sächsischen Staatsarchiv – Bergarchiv Freiberg, das das überlieferte Aktenmaterial der sächsischen Bergverwaltung sowie Unterlagen verschiedener sächsischer Montanunternehmen aufbewahrt, kommt eine zentrale Rolle im Projekt zu. Seit Dezember 2015 sichten und bewerten im Rahmen eines Teilprojekts eines Finanzierungsumfanges von rund 46.000 € zwei Mitarbeiterinnen des IWTG in enger Kooperation mit dem LfULG, dem SOBA sowie dem Bergarchiv dessen insgesamt 193 Bestandskonvolute hinsichtlich der dort vorhandenen rohstoffgeologischen Informationen. Dazu zählen zum Beispiel Bemusterungsbögen, Bohrberichte, Analysen und geologische Risse. Mit Hilfe der im Bergarchiv verfügbaren Findmittel sowie der Überprüfung von Akten und Rissen mehrerer Beispielgruben wurden zunächst die Qualität und die Quantität der Informationen der einzelnen



Auswertungsdiagramm der Bemusterung des Ganges Einigkeiter Zwitterzug, 1937, Ausschnitt

Bemusterungsbogen, Einigkeiter Zwitterzug, Vereinigt Feld Fundgrube Ehrenfriedersdorf, 1937, Ausschnitt

Bestände bestimmt. Die Bestände mit der höchsten Informationsdichte werden derzeit einer Tiefenerschließung unterzogen, bei der alle relevanten Daten detailliert erfasst und dokumentiert werden. Nach Abschluss der Tiefenerschließung (Ende Oktober 2016) wurden die ermittelten Daten mit der Rohstoffdatenbank des LfULG abgeglichen und so deren „Mehrwert“ bestimmt.

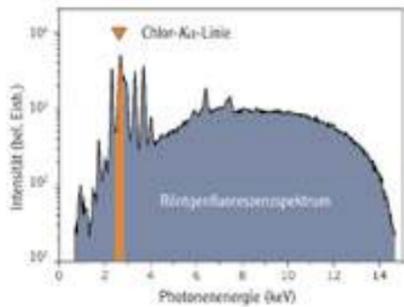
Holzschutzmittelanalytik in der Sammlung für Bergbaukunde

Dipl.-Rest. (FH) Hendrik Naumann (Kustodie), Dipl.-Ing. (FH) Marco Herrmann, Thomas Naumann, Dr. Tillmann Leisegang, Prof. Dr. Dirk C. Meyer (alle Institut für Experimentelle Physik), Dipl.-Rest. (FH) Karsten Püschner (Holzbildhauermeister, Hartmannsdorf)

Die Sammlung für Bergbaukunde hat eine herausragende Stellung unter den Sammlungen der TU Bergakademie Frei-



Holzschutzmittelscreening am Modell „Feldgestänge“ mit einer pRFA durch Marco Herrmann



Signatur (Röntgenfluoreszenzspektrum) der im obigen Bild vermessenen Position. Zu erkennen ist das Intensitätsmaximum. Es weist auf chlorhaltige Holzschutzmittel hin.

berg. Sie besteht aus Bergbaumodellen, Werkzeugen und Hilfsmitteln, Schriftstücken, Bildnissen und archäologisch bedeutsamen Grubenfunden. Jedoch ist der Erhaltungszustand namentlich vieler Papierobjekte schlecht; die Modelle weisen zum Teil Belastungen mit Holzschutzmitteln auf. Diese Objekte sind daher nicht uneingeschränkt nutzbar. Nun ist es gelungen, bei der HERMANN REEMTSMA STIFTUNG im Rahmen von „KUNST AUF LAGER“ eine Förderung im Umfang von gut 36.000 € für ein entsprechendes Restaurierungsvorhaben zu erhalten. Im Ergebnis sollen die Objekte wieder vielfältig nutzbar sein. Eine Kooperation mit dem Institut für Experimentelle Physik der TU Bergakademie Freiberg half, das Restaurierungskonzept vorzubereiten.

Das erste Holzschutzmittelscreening 2013 erbrachte den Nachweis von schadstofflichen Belastungen im Modellbestand, gestattete jedoch keine Rückschlüsse auf den Belastungsgrad der gesamten Sammlung. Eine weitere Untersuchung sollte die Informationsbasis vervollständigen. Die dafür erforderlichen Messungen wurden gemeinsam mit dem Institut für

Experimentelle Physik geplant und mit einem portablen Röntgenfluoreszenzanalysegerät (pRFA) durchgeführt. An 26 Objekten erfolgten spektroskopische Untersuchungen (Abb. links oben). Dabei wurden beispielsweise die Elemente Arsen und Chlor (Abb. links unten) signifikant nachgewiesen. Letzteres findet sich in Insektiziden und ist ein Beleg für die frühere Behandlung der Objekte mit Holzschutzmitteln.

Während der Planung wurde auch auf eine Unterstützung durch externe Restauratoren gesetzt. Die Folgerungen aus den getätigten Analysen wurden von Dipl. Rest. Karsten Püschner fachlich begleitet, der bereits am ersten Holzschutzmittelscreening mitgewirkt hatte. Er wird nun die fälligen Restaurierungen ausführen. Der zu erwartende Arbeitserfolg soll durch weitere Messungen mit dem pRFA-Gerät belegt werden. Die Projektfertigstellung ist für Ende 2017 anvisiert.

Perspektiven der Industriekultur im ländlichen Raum

Prof. Dr. Helmuth Albrecht, Dr. rer. pol. Daniela Walther

Seit September 2016 läuft das von der Kulturstiftung des Freistaates Sachsen geförderte und zunächst auf drei Monate begrenzte Pilotprojekt zur Erarbeitung einer Konzeption zu den Potenzialen der Industriekultur für die Förderung des ländlichen Raumes im Freistaat Sachsen mit einem Finanzierungsvolumen von fast 8.000 €. Ziel des Pilotprojekts ist es, einen spezifischen Ansatz zur Vermittlung und Popularisierung des Themas Industriekultur im ländlichen Raum in Sachsen unter Einbeziehung relevanter Akteure und Zielgruppen zu entwickeln. Auf der Grundlage einer umfassenden Problemanalyse sollen konkrete Lösungsansätze für eine ressortübergreifende und polyperspektivische Konzeption zur Förderung des Themas Industriekultur im ländlichen Raum entwickelt werden. Diese Konzeption versteht sich dabei als ein Beitrag, der dabei hilft, den Herausforderungen der Entwicklung des ländlichen Raumes – wie etwa den Folgen des demografischen Wandels und der damit verbundenen Perspektivlosigkeit, der Abwanderung und Arbeitslosigkeit, der Gefahr intellektueller Ausdünnung, eines nichtorganischen Zusammengehörigkeitsgefühls und allgemeiner Lethargie – entgegenzutreten.

Ziel des Projektvorhabens ist es dabei, unter Einbeziehung theoretischer und praktischer Ansätze die Grundlagen für eine künftige gezielte Platzierung und

Entwicklung des Themas Industriekultur im ländlichen Raum zu schaffen. Unter Berücksichtigung der spezifischen Dimensionen der Industriekultur sollen dazu die Potenziale der sächsischen Industriekultur im Hinblick auf mögliche Defizite, ihre Chancen zur Weiterentwicklung und Intensivierung sowie ihre Verknüpfung mit potenziellen Akteuren analysiert werden. Dabei sollen neue Zielgruppen für eine aktive bürgerschaftliche Partizipation an der Entwicklung des ländlichen Raumes erschlossen werden. Die erarbeiteten Empfehlungen sollen so einen konstruktiven Beitrag für den Umgang mit den Herausforderungen der Entwicklung ländlicher, strukturschwacher Räume leisten.

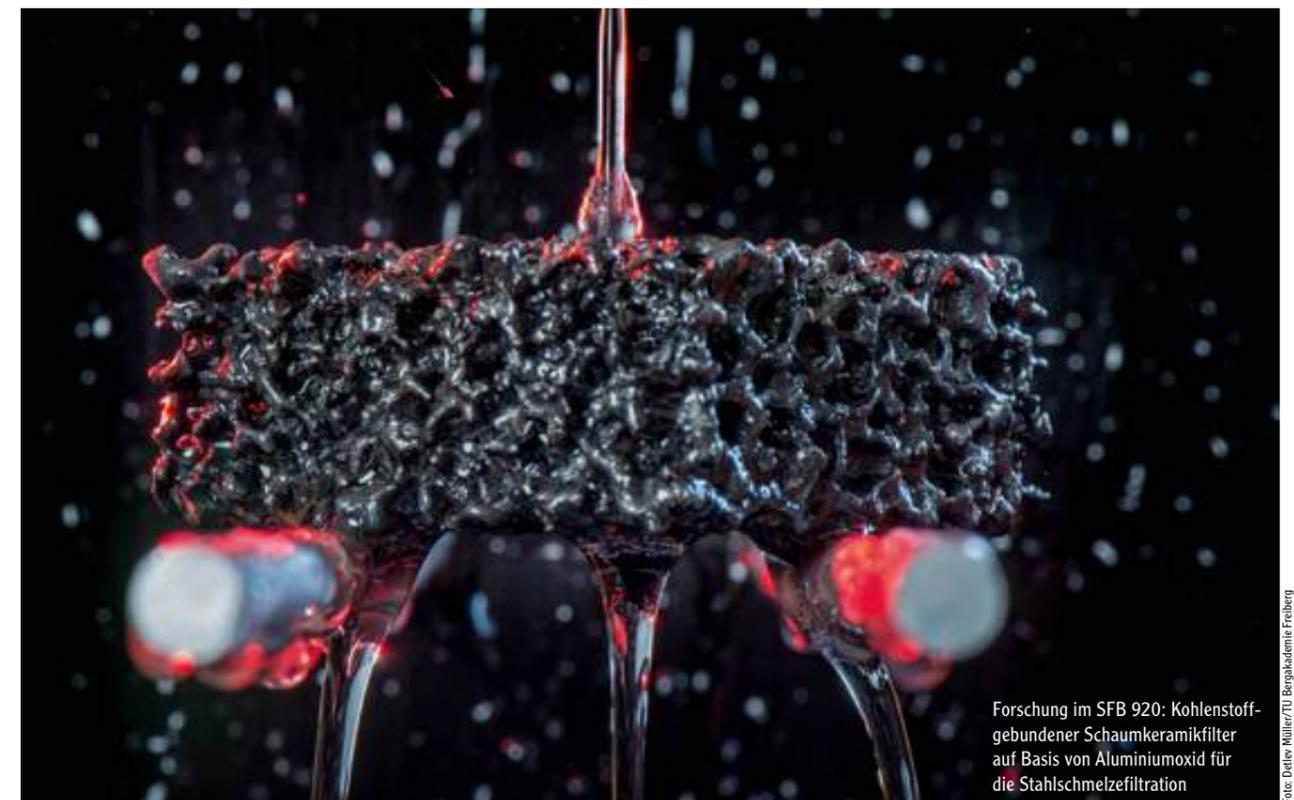
Ausblick

Derzeit hat das IWTG vier weitere drittmittelfinanzierte Forschungsvorhaben beantragt. Zum einen handelt es sich dabei um ein im Rahmen des Kooperationsprogramms zur Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik 2014–2020 des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung beantragtes Projekt mit dem Titel „Unser WeltErbe – die Montane Kulturlandschaft Erzgebirge/Krušnohoří“. Es soll der Vermittlung des Bergbauerbes im Erzgebirge an Schulen und Kultureinrichtungen der Region dienen. An dem Projekt mit einer Finanzierung von etwa 1,2 Mio. € sind neben dem IWTG als Leadpartner weitere fünf Partner auf deutscher und tschechischer Seite beteiligt.

Einen weiteren größeren Forschungsantrag im Umfang von etwa 450.000 € hat das IWTG gemeinsam mit dem Institut für Mineralogie und der Universitätsbibliothek der Bergakademie bei der DFG zum Thema „Digitale Edition der Korrespondenz an und von Abraham Gottlob Werner (1749–1817)“ eingereicht.

Im Rahmen des europäischen Interreg Central Europe Programms ist das IWTG darüber hinaus am Gemeinschaftsantrag „Developing capacities on managing and promoting local UNESCO cultural heritage“ (EUnesco) mit einem Teilprojekt im Umfang von rund 225.000 € beteiligt.

Schließlich hat das IWTG in Kooperation mit der Tianjin University of Finance and Economics in China noch beim DAAD die Finanzierung eines Austauschprogramms unter dem Titel „Tourism Based Culture Inheritance in the Big Data Era – Comparative Study of the German and Chinese Paradigm“ für 2017/18 beantragt.



Forschung im SFB 920: Kohlenstoffgebundener Schaumkeramikfilter auf Basis von Aluminiumoxid für die Stahlschmelzefiltration

Entscheidungen, Initiativen, Projekte

Auszug aus dem Rektoratsbericht der TU Bergakademie Freiberg 2015

Die TU Bergakademie Freiberg in Zahlen (1.12.2015)
 Gesamtzahl der Studierenden: 4.927
 Ausländische Studierende/Doktoranden: 923 (18,3%)
 Mitarbeiter: 1.778, davon 785 über Drittmittel (ohne wiss. und student. Hilfskräfte)

Eingeworbene Drittmittel (T€)	2014	2015
Gesamt (Mio€)	62,3	56,1
Pro Prof. (T€)	724	637
Graduierung		
Promotionen	113	107
Habilitationen	2	2

ERGEBNISSE IN DER FORSCHUNG

Mit ihrer Ausrichtung in den Kernbereichen GEO, MATERIAL, ENERGIE und UMWELT und ihrem Selbstverständnis als nationale Ressourcenuniversität zählt die TU Bergakademie Freiberg zu den am deutlichsten profilierten Universitäten in Deutschland. Auch international ist sie ein gefragter Partner in der Forschung für Fragestellungen rund um Ressourcen.

Bei der Einwerbung von Forschungsdrittmitteln bestätigte die TU Bergakademie Freiberg 2015 ihre Position unter den führenden technischen Universitäten Deutschlands und ihre hervorragende Reputation.

Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Der Anteil der von der DFG eingeworbenen Fördermittel an der TU Bergakademie Freiberg betrug über die letzten Jahre hinweg ca. 20 Prozent; für das Jahr 2015 werden 23,3 Prozent ausgewiesen (2014: 17,7 Prozent). Der **SFB 799 „TRIP Matrix Composite“** verfolgt das Ziel, eine neue Klasse von Hochleistungsverbundwerkstoffen auf der Basis von TRIP-Stählen und Zirkoniumdioxid-Keramiken (TRIP: *transformation induced plasticity*) zu entwickeln. 2015 wurden die Arbeiten in der 2. Förderphase (2013 bis 2016, Budget 10 Mio. Euro) fortgesetzt. Schwerpunkte der Arbeiten bis 2016 sind das gezielte Design der Verbundwerkstoffe und die Bestimmung anwendungsrelevanter Eigenschaften, so dass durch Innovationen in den Herstellungsverfahren weitere Potenziale (beispielsweise für den Leichtbau) erschlossen werden können. Im zweiten Großprojekt in der Werkstoff- und Materialforschung, dem **SFB 920 „Multi-funktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“**, wurden im Jahr 2015 die Arbeiten in der

1. Förderperiode (2011 bis 2015; Förderung ca. 2,3 Mio. Euro pro Jahr) fortgesetzt. Im SFB 920 arbeiten 26 Wissenschaftler der Hochschule in 21 Teilprojekten zusammen. Ziel ist es, bei Werkstoffen durch die Einstellung exzellenter, an die Bauteilbeanspruchung angepasster funktionaler und adaptiver mechanischer Eigenschaften einen Innovationsschub in Sicherheits- und Leichtbaukonstruktionen zu ermöglichen. Die Bewilligung der 2. Förderperiode des SFB 920 (Juli 2015 bis Juni 2019) durch den Senat der DFG am 21. Mai 2015 bestätigt die hohe Qualität der auf diesem Feld erzielten Forschungsleistungen. Erfolgreich abgeschlossen wurde das **DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1418 „Feuerfest – Initiative zur Reduzierung von Emissionen – FIRE“** nach zwei Förderperioden (2009–2012/2012–2015).

Förderung durch den Bund

Wie in den Vorjahren wurde die Ressourcenforschung der TU Bergakademie Freiberg auch 2015 wieder maßgeblich mit Bundesmitteln, insbesondere über Programme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), gefördert.

Bundesmittel wurden in einer Gesamthöhe von 22,3 Euro eingeworben (vgl. 2014: 23,2 Mio. Euro). Sie bilden weiterhin den größten Einzelanteil der von den verschiedenen Fördergebern eingeworbenen Mittel (2015: 38,8%, 2014: 36,2 %). Auf Förderempfehlung des Wissenschaftsrats wird auf dem Campus der TU Bergakademie Freiberg in den Jahren 2016 bis 2020 ein „Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung“ (ZeHS) als Forschungsbau errichtet. Insgesamt wird mit Gesamtbaukosten in Höhe von 28,67 Mio. Euro, Kosten für die Erstausrüstung in Höhe von 3,09 Mio. Euro sowie Kosten für Großgeräte in Höhe von 9,75 Mio. Euro gerechnet. Der Bau soll auf mehr als 6.000 m² Raum für über 170 Mitarbeiter schaffen [vgl. auch ACAMONTA 2015, S. 93–95]. Im September 2015 startete die **Nachwuchsforscherguppe ProVirt** mit Förderung aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) und des Freistaates Sachsen (Laufzeit drei Jahre). Die Gruppe wird die grundlagenorientierten Arbeiten des Zentrums für Innovationskompetenz, Virtucon, aufgreifen und vereinfachte, praxisnahe Lösungsansätze zur Virtualisierung und Optimierung großtechnischer Hochtemperatur-Prozesse der Metallurgie und der chemischen Industrie entwickeln.

EU-Forschung: 7. Forschungsrahmenprogramm/HORIZON 2020/EIT

Im Jahr 2015 liefen an der TU Bergakademie Freiberg insgesamt neun Projekte mit einer Förderung aus den Forschungsrahmenprogrammen der EU (7. Forschungsrahmenprogramm, HORIZON 2020), allesamt in der Verbundforschung. Für ein weiteres Projekt mit geplantem Start Anfang 2016 wurde die Förderzusage erteilt. Der Großteil der Beteiligungen der Wissenschaftler der TU Bergakademie Freiberg an EU-Forschungsprojekten liegt bei Themen im Bereich Energie (u. a. Geothermie), Bergbau (Abbau, Gewinnung, u. a. aus der Tiefsee), Material und Umwelt.

Für die Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) sind die drei Bereiche Ressourceneffizienz, Verfahrensentwicklung und Analytik definiert. In diesen wurden im Jahr 2015 mehrere Projekte gemeinsam bearbeitet bzw. Forschungsthemen weiter- und neu entwickelt. Eine maßgebliche Rolle spielte auch die Etablierung der Strukturen des „KIC EIT RawMaterials“.¹

¹ Vgl. auch ACAMONTA 2015 S. 91–93.



Deutschlandstipendiaten und Förderer nach der Urkundenübergabe im Innenhof des Universitätshauptgebäudes

Das Deutschlandstipendium wurde im Jahr 2011 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiiert. Bei der Auswahl werden neben sehr guten Noten auch Erfolge, Auszeichnungen, Berufs- oder Praktikumserfahrungen sowie außeruniversitäres Engagement berücksichtigt. Inzwischen kommen jährlich bis zu 100 Studierende in den Genuss der finanziellen Unterstützung durch das Deutschlandstipendium und erhalten so zusätzliche Möglichkeiten, die sie für ihr Studium wie auch für ihre außerfachliche Bildung nutzen können. Grundlage hierfür ist das Engagement zahlreicher Förderer, denen wir außerordentlich dankbar sind.
Ansprechpartner: Sylvie Preiss, Sylvie.Preiss@zuv.tu-freiberg.de
 Diana Giersch, Diana.Giersch@zuv.tu-freiberg.de

NACHWUCHSFÖRDERUNG

Von der Gesamtzahl der Promotionen entfielen 31 auf Frauen und 76 auf Männer – darunter waren 23 internationale Doktoranden. Der Anteil der Frauen (29 Prozent) lag in etwa wieder auf dem Niveau der Vorjahre. – Bei der Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs misst die TU Bergakademie Freiberg dem Prinzip der Interdisziplinarität einen hohen Stellenwert bei. – Das Konzept „Internationales Studienhaus“ ist ein wichtiger Teil der Internationalisierungsstrategie der TU Bergakademie Freiberg. Es beschreibt eine langfristige angelegte Bildungs-Partnerschaft mit ausgewählten Partnerländern für eine internationale High-Level-Ausbildung in den Profillinien Geo, Material, Energie und Umwelt, die den Anforderungen der Wirtschaft im Rohstoff- und Energiesektor entspricht.

Ausgründungen

Im Jahr 2015 wurden von SAXEED 20 Gründungsprojekte betreut, aus denen sieben Ausgründungen von Unternehmen aus der Bergakademie hervorgingen.

Nationales Stipendienprogramm – Deutschlandstipendium

Mit dem von Prorektorat für Strategieentwicklung betreuten Deutschlandstipendium werden besonders leistungsstarke

und engagierte Studierende gefördert (300 Euro monatlich, je zur Hälfte vom Bund sowie aus privaten Mitteln). Im Jahr 2015 unterstützten 32 Förderer (Unternehmen, Stiftungen, Privatpersonen) das Stipendienprogramm. Dank dieses Engagements erhielten in diesem Jahr insgesamt 149 Studierende ein Deutschlandstipendium.²

BAULICHE MAßNAHMEN

Das Jahr 2015 war wieder durch eine rege Bautätigkeit geprägt. Zum Start des Wintersemesters konnte mit dem Schloßplatzquartier ein neuer Gebäudekomplex in Betrieb genommen werden.

Folgende Große Baumaßnahmen werden planerisch zur Ausführung in den kommenden Jahren vorbereitet:

- Schloßplatzquartier, 2. Bauabschnitt (Neubau Hörsaalgebäude)
- Neubau von zwei Laborflügeln am Clemens-Winkler-Bau
- Neubau Forschungsgebäude „Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffumwandlung“
- Neubau Universitätsbibliothek und Hörsaalzentrum
- Sanierung Bestandsgebäude Clemens-Winkler-Bau
- Neubau Hallenkomplex, 2. Bauabschnitt

² Vgl. dazu in diesem Heft auch S. 105.

Das Universitätsrechenzentrum auf dem Weg zu einem modernen IT-Dienstleister für Forschung, Lehre und Verwaltung

Andreas Kluge, Oliver Rheinbach, Alexander Winterstein, Reiner Krönert

Einleitung

„Wir erbringen hochqualitative, nachhaltige und sinnvoll standardisierte I&K Services für unsere Nutzer und unterstützen die Ziele der Universität in Lehre und Forschung. Wir orientieren uns an den Anforderungen der Nutzer und der Verfügbarkeit von adäquaten Ressourcen.“

Das vom Universitätszentrum im Jahr 2009 selbst gewählte Leitbild beschreibt sehr gut unser Ziel und den Anspruch an unsere Aufgabenerfüllung. Diesem Anspruch auch in Zeiten rasanter technologischer Entwicklungen in der IT-Welt und im Sinne eines verantwortungsvollen Umgangs mit öffentlichen Mitteln gerecht zu werden, ist eine umfassende Aufgabe, der wir uns als zentraler IT-Dienstleister unserer Universität täglich neu zu stellen haben.

Historische Entwicklung

Der Vorläufer des heutigen URZ wurde 1970 als Organisations- und Rechenzentrum (ORZ) der Bergakademie Freiberg gegründet. Es war mit einem Zentralrechner „Robotron R 300“ ausgestattet, der mit einem Hauptspeicher von 64 kByte (heute die Größe eines On-Chip-L1-Caches) gut die Fläche der heutigen IT-Sicherheitszelle einnahm. Zunächst nahm es Aufgaben in der akademischen Informatikausbildung sowie zur Unterstützung von Forschungsleistungen wahr.

Im ORZ waren damals über 50 Mitarbeiter tätig. Neben den Aufgaben in Lehre und Forschung wurden auch Dienstleistungsaufgaben erledigt. Nicht nur aus Sachzwängen heraus (damals war die Technik noch recht anfällig) wurde eine enge Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen und der Industrie gepflegt.

Dem R 300 folgte eine Reihe von Rechnern der SKR-Serie (System der Kleinrechner): die Rechner SM4-20 und SM14-20 aus den RGW-Staaten (sowie die K1840 aus der DDR-Produktion). Mit den Terminals der SM4 wurde ein Pool für die Lehre realisiert, sozusagen ein Vorläufer der heutigen PC-Pools.

Schon frühzeitig richtete sich das ORZ für den Betrieb und die Ausbildung auf Unix-Betriebssysteme aus. Deren Handhabung erwies sich zwar bei der damals



Abb. 1: Robotron R300 im URZ, Aufnahme ca. 1971

recht anfälligen Speichertechnik oftmals als problematisch; trotzdem war das, strategisch gesehen, eine gute Entscheidung.

Mit der politischen Wende ergaben sich auch für die ab 1992 zum Hochschulrechenzentrum (HRZ) umgebildete zentrale Einrichtung neue Möglichkeiten und Herausforderungen. Die ehemals durch Devisenknappheit und Cocom-Liste beschränkten Möglichkeiten zur Beschaffung aktueller Rechentechnik erweiterten sich dramatisch. Kurz nach dem Anschluss an das ErWiN (1991), das erweiterte Wissenschaftsnetz der deutschen Universitäten und Fachhochschulen, wurde im Oktober 1992 auch der Anschluss an internationale Wissenschaftsnetze und damit letztlich an das Internet erreicht. Dieses wurde allen Mitarbeitern der Bergakademie zugänglich gemacht.

Mit der Convex 3420 wurde 1992 über einen HBBG-Großgeräteantrag die Beschaffung eines ersten Computerservers realisiert.

Im Zusammenhang damit trat die Aufgabe der Vernetzung der Computer innerhalb der Bergakademie in den Mittelpunkt der Infrastrukturaufgaben. Die ersten Schritte betrafen die Glasfaserverkabelung zwischen zentralen Gebäuden der TU und die RG-58-Verkabelung innerhalb der Gebäude. Diese wurden gemeinsam mit dem Dezernat Technik noch weitgehend in Eigenregie realisiert.

Im Zusammenhang mit der Umbe-

nennung unserer Alma mater in „Technische Universität Bergakademie Freiberg“ 1993 wurde aus dem Hochschulrechenzentrum das Universitätsrechenzentrum (URZ).

Als typischer Internetdienst wurde der E-Mail-Service bereits früh den Nutzern zur Verfügung gestellt. 1991 war es zunächst noch die Variante mit der X.400-Adressierung. Es folgten das grafische Informationssystem Gopher 1993 sowie das Hypertext-Transfer-System World Wide Web 1994. Heute ist das WWW für viele zum Synonym für Internet geworden.

Die großen Baumaßnahmen Daten-, Telefonie- und Leittechniknetz, gemeinsam mit dem Dezernat Technik 1995/96, markierten einen ersten Meilenstein auf dem Weg zur professionellen Nutzung der IT an unserer Universität. Damit entstand eine infrastrukturelle Basis, die an jedem Arbeitsplatz eine entsprechende Anzahl von Festnetzanschlüssen bereitstellte. Zunächst wurden nur die Gebäude auf dem zentralen Campus – sternförmig vom URZ ausgehend – mit einem Lichtwellenleiterbasierten Hochgeschwindigkeitsnetz verbunden. Im Jahr 2001 gelang es dann, auch die übrigen Struktureinheiten – wie die Zentrale Universitätsverwaltung in der Akademiestraße, die Standorte in der Lessingstraße, in der Brennhaugasse, auf der Reichen Zeche und in der Alten Mensa – ebenfalls über Lichtwellenleiter-Verbindungen zu erschließen. Somit

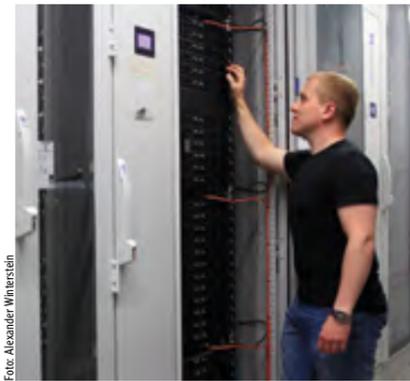


Abb. 2: Oliver Rebstrost am HPC-Cluster, 2016

konnten den Beschäftigten dort die gleichen Vernetzungsbedingungen wie auf dem zentralen Campus geboten werden.

Im Jahr 1997 wurden erstmalig zentrale Kapazitäten für Anwendungen mit High-Performance-Computing (HPC) in der Forschung mit der Convex 3420 bereitgestellt. Mit der SGI-Origin 2000 (4,68 GFlops), 2003 mit der SGI Altix 3700 (166,5 GFlops) sowie mit dem aktuellen, 2011 beschafften HPC-Cluster der Firma Clustervision mit 22,6 TFlops wurde diese technologische Aufrüstung fortgesetzt.

Generell ist es typisch für die Entwicklung der IT an sich und natürlich auch für das URZ, dass der technologische Fortschritt die Organisationsentwicklung quasi vor sich her treibt.

Ebenso wie die zentrale Hochleistungsrechenarchitektur sind natürlich auch alle anderen IT-Anlagen zum Teil in noch wesentlich kürzeren Abständen technisch ständig erneuert worden. Darüber hinaus hat es aber auch eine laterale Entwicklung gegeben, die zu einer starken Ausweitung des IT-Dienstleistungsangebots geführt hat. Ein simples Beispiel hierfür ist die Ergänzung des Festnetzes durch das WLAN für das *Mobile Computing*.

Gleichzeitig war es aber notwendig, auf die regelmäßigen Paradigmenwechsel in der Informationstechnologie zu reagieren. Beispiele dafür sind die Virtualisierung von Servern, Speichersystemen und neuerdings auch von aktiven Datennetzkomponenten oder der Schritt von der klassischen Telefonie hin zur Voice-Over-IP-Telefonie. Dadurch, dass alle Systeme eng miteinander interagieren müssen, steigt auch die Komplexität des Gesamtsystems enorm an. Das verlangt von allen in der IT beschäftigten Mitarbeitern eine ständige Bereitschaft zu persönlicher Qualifikation und zur ständigen Weiterentwicklung ihrer Fähigkeiten und Fertigkeiten.

Aber auch organisatorisch hat sich das



Abb. 3: Organisatorische Struktur des URZ (12/2015)

URZ in diesen Jahren weiterentwickelt. Weitere Abteilungen und Arbeitsbereiche mit IT-Bezug wurden mit ihren Aufgabenspektren integriert. So kamen 2003 die Abteilung Verwaltungs-EDV, 2004 die Telefonie, das Medienzentrum als relativ selbstständige Abteilung 2005 sowie die Verantwortung für die Stunden- und Raumplanung 2011 hinzu. Im Rahmen des Mesior-Projekts „Dritte Säule Hochschulpakt“ wurden darüber hinaus 2012 eine Koordinierungsstelle E-Learning und eine studentische IT-Nutzerberatung gemeinsam mit der Universitätsbibliothek geschaffen.

Besonders auf dem Gebiet der Kooperation mit den anderen Universitäts- und Hochschulrechenzentren Sachsens wurde auch eine Reihe drittmittelfinanzierter Entwicklungsprojekte realisiert. Angefangen hat das in den Jahren von 2005 bis 2006 mit dem Projekt „Gemeinsame Autorisierungsschnittstelle für Nutzer an sächsischen Universitäten und Fachhochschulen“. Mit dem Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH) der TU Dresden gab es mehrere Kooperationsprojekte, beispielsweise 2010 das zur 100-Gbit-Netzwerk-Verbindung und im Folgejahr das „Cisco Center of Excellence“. Aktuell laufen die Projekte SaxID (übergreifendes Identitätsmanagement) und OpARA (Archivierung und Veröffentlichung von Forschungsdaten), um nur einige herausragende zu nennen.

Das URZ heute

Die Leitung des URZ obliegt aktuell Prof. Dr. Oliver Rheinbach und Dr. Andreas Kluge. Als wissenschaftlicher Direktor ist Prof. Rheinbach für die strategische Ausrichtung und Einbindung des IT-Systems in Forschung und Lehre zuständig, während Dr. Kluge als geschäftsführender Direktor sich um den täglichen Betrieb und die Erbringung der IT-Dienstleistungen kümmert.

Zur Anpassung an das aktuelle Aufgabenspektrum wurde die organisatorische Struktur des URZ kürzlich umgestaltet (siehe Abb. 3).

Die zentrale IT-Infrastruktur

Die Abteilung Infrastruktur mit den Bereichen „Kommunikationsnetze“ und „Zentrale Server“ betreut das Rückgrat der IT-Infrastruktur unserer Technischen Universität.

Die Kommunikationsinfrastruktur ist als im Wesentlichen sternförmiges Netz mit sog. „Collapsed Backbone“ angelegt. Redundanz und Ausfallsicherheit werden dadurch erreicht, dass man die modernen, äußerst leistungsfähigen Cisco Nexus 7000 Backbone-Switches redundant an zwei räumlich voneinander getrennten Standorten (URZ und Karl-Kegel-Bau) installiert. Diese Switches sind untereinander mit mehreren 40 Gbit/s-Leitungen als Backplane verbunden. Alle ebenfalls redundant ausgelegten Distributions-Switches vom Typ Cisco 4000 sind jeweils mit einer Bandbreite von 10 Gbit/s an beide Backbone-Switches per Lichtwellenleiter-Verbindung (LWL) angebunden (Abb. 4).

Ein Redundanzpaar von Distributions-Switches sichert jeweils den Anschluss eines Gebäudes bzw. Gebäudekomplexes. An ihnen sind die sog. Edge-Switches (Etagen- oder Hausverteiler) angeschlossen, die ihrerseits die Versorgung der Endgeräte-Anschlüsse (Arbeitsplatz-Computer, VoIP-Telefone, WLAN-Accesspoints und sonstige IP-fähige Peripheriegeräte) realisieren. Während im Core-Bereich (Backbone- und Distributionsbereich) die Umrüstung auf aktuelle Cisco-Komponenten bereits im Wesentlichen abgeschlossen wurde, ist im Edge-Bereich die Umrüstung auf aktive Cisco-Netzwerk-Komponenten, verbunden mit der Umrüstung auf die Cisco-VoIP-Telefonie, gerade in vollem Gange.

Direkt an den Backbone-Switches ist das Datacenter des URZ angebunden.

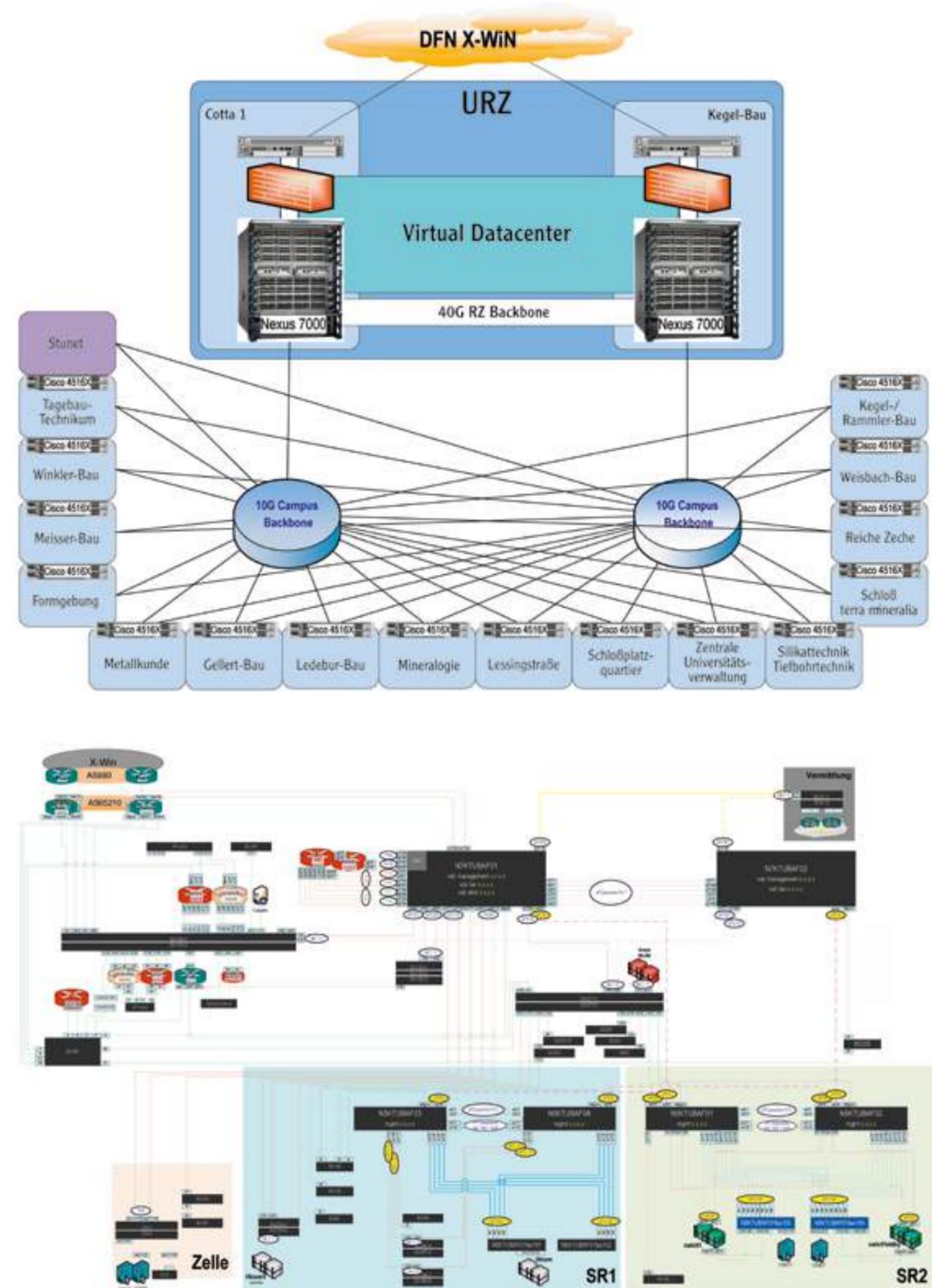


Abb. 4: Ausschnitt aus der Dokumentation des Datennetzes (01/2016) – Vernetzung im zentralen Datacenter (oben) und im Backbone

Dieses besteht heute aus im Wesentlichen drei Komponenten. Die erste umfasst die virtuelle (VMware-)Serverinfrastruktur, bestehend aus mehreren ESXi-Server-Clustern. Die zweite Komponente ist das zentrale Speichersystem für den File-orientierten Zugriff, und die dritte ist das Speichersystem für den Block-orientierten Zugriff sowie den HPC-Cluster.

Flankiert werden diese Systeme durch ein zentrales Backup-System, ein internes Hochgeschwindigkeits-Datenetz und ein Fibre-Channel-Netz. Zu den IT-Security-Appliances zählen das Firewall-System, die Anti-Spam-Appliances und der VPN-Server. Die entsprechenden Infrastruktur-Einrichtungen, wie redundante USV-Anlagen, ausfallsichere Klimatisierung sowie Gebäude mit entsprechender Elektro- und Leittechnik, runden das Ganze ab.

Die zentrale Datacenter-Infrastruktur und auch das gesamte Datenetz werden mit Hilfe eines Monitoring-Systems innerhalb der bedienten Betriebszeit des URZ (Mo-Fr, 6:30–23:00 Uhr) überwacht. Bei kritischen Störungen außerhalb dieser Betriebszeiten werden die verantwortlichen Mitarbeiter des URZ automatisch vom Monitoring-System per E-Mail bzw. in einigen Fällen sogar per SMS benachrichtigt.

Unseren Nutzern sind die IT-Dienstleistungen dieser Abteilung auch direkt zugänglich, beispielsweise über die Beantragung von zentralem Speicherplatz für Einrichtungen oder Arbeitsgruppen, von virtuellen Servern, aber auch über grundlegende Internetdienste wie E-Mail (Microsoft-Exchange- und Unix-Mail), die DNS-Funktionalität sowie die Nutzung des persönlichen zentralen Home-Verzeichnisses mit Snapshots und Backup.

Wissenschaftliche Anwendungen

Die Abteilung Wissenschaftliche Anwendungen nimmt auf der Basis dieser zentralen Infrastruktur vornehmlich Querschnittsaufgaben wahr.

Zu ihren Arbeitsgebieten gehört die Betreuung der High-Performance-Computing-Nutzer und dementsprechend der Betrieb des HPC-Clusters, vor allem auf der Batchsystem- und Applikationsebene. Dazu zählt auch die Organisation der Zusammenarbeit mit dem Bereich HPC im ZIH der TU Dresden.

Ein weiteres Segment der Arbeit des URZ ist die Betreuung der diversen virtualisierten Web- und Webapplikationsserver für die verschiedensten Zwecke in Forschung, Organisation, Verwaltung und Studium. Dazu zählt auch die technische

Betreuung des zentralen Web-Content-Management-Systems durch das Webteam unter der Leitung des zentralen Webkoordinators.

Darüber hinaus sind in dieser Abteilung auch andere Aufgaben angelegt, wie die Koordination und Beschaffung wissenschaftlicher Software sowie von Software-Campuslizenzen, die Entwicklung, Implementierung und Betreuung neuer IT-Dienste (wie bspw. von Cloud-Diensten – OwnCloud), von Kollaborations-Tools (bspw. Horde-Groupware, MS-SharePoint) und die Archivierung wissenschaftlicher Daten (Projekt OpARA).

Service-Management

Mit der Übernahme der Abteilung Verwaltungs-EDV bekam das URZ auch die Verantwortung für die direkte Betreuung der PC-Arbeitsplätze der Mitarbeiter in der Zentralen Universitätsverwaltung. In den ersten Jahren standen die Entwicklung einer modernen IT-Sicherheits-Architektur sowie die Auswahl und die Implementierung eines modernen Arbeitsplatz-Management-Systems auf dem Programm. Aktuell besteht die Aufgabe darin, unter Auswertung der Erfahrungen, die Technologie und die Methoden einer effektiven zentralisierten Arbeitsplatzbetreuung zu einem IT-Service-Angebot für alle Bereiche der Universität auszubauen.

Gleichzeitig ist in dieser Abteilung ein Element der weiteren Professionalisierung der Arbeit als zentraler IT-Dienstleister angelegt. Bereits 2012 wurde im Rahmen der Ausrichtung der Arbeit des URZ anhand der ITIL¹ ein Service Desk als Funktion der Service Operation abteilungsübergreifend gebildet. Nachdem dieser Service Desk zunächst nur für das Service Management der IT-Dienste für die Verwaltungsmitarbeiter konzipiert war, wurde er Schritt für Schritt zu einem für alle Mitarbeiter der TU zugänglichen zentralen IT-Dienst ausgebaut. Darüber hinaus werden die Nutzung des sog. „First-Level-Supports“ (Störungsannahme und Ersthilfe sowie weitere Koordination der Problemlösung) und die des Service-Management-Software-Systems OTRS auch den dezentralen IT-Verantwortlichen und sogar den Studenten – über die studentische IT-Nutzerberatung – angeboten.

Ein effektives Service-Management setzt natürlich auch entsprechende

¹ Leitfaden IT Infrastructure Library, der im Auftrag der britischen Regierung entwickelt wurde – siehe: <http://www.itil.org/de/vom-kennen/itil/ueberblick/index.php>

organisatorische Strukturen und sinnvoll standardisierte IT-Lösungen voraus. Für die nächsten Jahre wird es hier darauf ankommen, die entsprechenden Vereinheitlichungen zu schaffen und die notwendigen personellen Verflechtungen zu entwickeln.

Verwaltungsanwendungen

Die sich verstärkende Notwendigkeit der Digitalisierung der Verwaltungs-geschäftsprozesse machte 2013 die Bildung einer eigenen Abteilung für die Verwaltungsanwendung notwendig. Früher war die Betreuung der eingesetzten HIS-Module² gerade noch mit 2,5 VZÄ möglich. In den letzten Jahren haben sich mit der notwendigen Einführung eines ERP-Systems für die kaufmännische Buchführung (Doppik) völlig neue Anforderungen u. a. an die folgenden Bereiche ergeben:

- Business-Intelligence-Systeme (Steuerung der Universität)
- Digitales Dokument-Management-System (Abbildung von [Papier]-formularbasierten Geschäftsprozessen)
- Vollelektronische Stunden- und Raumplanung
- Management-System für Mitarbeiter- und Studentenausweise
- Identitäts-Management-System (übergreifend)

Derzeit ist diese Abteilung mit insgesamt sieben VZÄ ausgestattet. Hier vollzieht sich gerade ein Generationswechsel. Die früher in der ehemaligen Abteilung Verwaltungs-EDV tätigen Mitarbeiter betreuen die weiterhin benötigten HIS-Systeme und bringen ihre Erfahrung in die vorwiegend von den neuen Mitarbeitern getragenen Einführungsprojekte ein.

Unser Team

Generell steht das URZ vor einem Generationswechsel. Ein großer Teil der erfahrenen Mitarbeiter wird in den nächsten fünf bis acht Jahren das Rentenalter erreichen. Damit deren Erfahrungsschatz nicht schlagartig verloren geht, ist es notwendig, ihnen rechtzeitig jüngere Mitarbeiter zur Seite zu stellen. Auf diese Weise können Erfahrungen bewahrt und verarbeitet werden. Gleichzeitig kann aber auf dieser Basis für einen Innovations-schub gesorgt werden. Mit Absolventen unserer Universität (insbesondere aus den Fakultäten 1 (Mathematik und Informatik) sowie 6 (Wirtschaftswissenschaften)

² HIS = Hochschul-Informationssystem, ein Softwareprodukt der HIS GmbH

– Spezialisierung Wirtschaftsinformatik), aber auch mit den im Bereich des Verwaltungs-EDV/Service-Management von uns selbst ausgebildeten Facharbeitern verfügen wir über ein gutes Reservoir. Umso mehr freuen wir uns, dass es in den letzten Jahren bereits gelungen ist, eine Reihe hochqualifizierter und hochmotivierter Hochschulabsolventen und Facharbeiter – zunächst vor allem über Projektstellen und befristete Arbeitsverhältnisse – zu binden, die uns die Hoffnung auf eine kontinuierliche Personalentwicklung geben.

Entwicklungstrends und Perspektiven

Das URZ steht aktuell vor großen Herausforderungen. Unmittelbar zählt die Erwartung der Nutzer, die wesentlichen IT-Dienstleistungen zuverlässig, ausfallfrei, rund um die Uhr, auch an Wochenenden und Feiertagen, beziehen zu können. Das erfordert insbesondere infolge der immer engeren gegenseitigen Abhängigkeiten und Durchdringungen der Kernsysteme kontinuierliche Investitionen in die Redundanz, die Ausfallsicherheit und die Sicherheit nahezu aller Systeme. Das Paradigma der „Continous Operation“ stellt insbesondere beim „Change Management“, d. h. bei der Planung und Durchführung von Weiterentwicklungen und Änderungen an der IT-Infrastruktur, höchste Anforderungen an alle beteiligten IT-Mitarbeiter. Als Beispiel sei hier die im Zuge der Baumaßnahmen am Winkler-Bau notwendig werdende räumliche Veränderung, die die IT-Sicherheitszelle betrifft, genannt. Hier wurde gemeinsam mit dem Dezernat Technik ein komplexes Gesamtkonzept erarbeitet, das die schrittweise Verlagerung des zentralen Filesystems ohne Ausfall seiner Funktionalität ermöglicht. Dazu sind zeitaufwendige und kostenintensive bau- und IT-technische Vorarbeiten notwendig, die derzeit realisiert werden.

Auch der Bedarf an Hochleistungsrechner-Ressourcen steigt an der TU immer weiter. Die enge Zusammenarbeit mit der TU Dresden stellt dabei sicher, dass Freiburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weiterhin Zugang zu Hochleistungsrechnern der TOP100-Klasse erhalten. Die eigenen HPC-Ressourcen in Freiberg werden dadurch entlastet und für spezielle Aufgaben frei.

Eine andere Herausforderung besteht in dem sich mit der Digitalisierung des gesamten Arbeitsumfeldes stetig qualitativ und quantitativ verbreiternden Aufgabenfeld des zentralen IT-Dienstleisters.

Der IT-Standard ISO 20.000 oder die bereits erwähnte ITIL bieten Methoden bzw. „Best Practice Examples“, nach denen in diesem komplexen Umfeld zuverlässig, professionell und effizient gearbeitet werden kann. Einen Eindruck, wie der Lebenszyklus einer IT-Dienstleistung bzw. eines IT-Service aufgebaut ist, bietet die der ITIL entlehnte Darstellung in Abb. 5.

Sichtbar wird hier vor allem, dass die in der

„Sturm- und Drang-Zeit der IT“ praktizierte Methode: „Wir setzen mal schnell einen Server mit der gewünschten Software hin und dann läuft das schon...“, keinesfalls den aktuellen Erfordernissen und Nutzererwartungen gegenüber einem IT-Dienstleister mehr entspricht. Das Aufrechterhalten jedes professionellen IT-Angebots erfordert eine Phase intensiver Vorbereitung (Service Design). In dieser muss u. a. auch der Nutzer seine Anforderungen und Erwartungen an den zukünftigen Dienst genau definieren, die zwingend eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einschließen und profunde Kenntnisse über alle tangierten IT-Infrastrukturelemente erfordern.

Die Überführung des Services in einen stabilen Betrieb (Service Transition) erfordert wiederum andere, mannigfaltige Vorbereitungen und Arbeitsschritte – ebenso wie die Begleitung, Wartung und Störungsbeseitigung im laufenden Betrieb (Service Operation), die auch die Nutzerunterstützung einbezieht. Darüber hinaus muss die gesamte Lebenszeit des IT-Dienstes vom Prozess des „Continual Service Improvement“ begleitet werden. Das umfasst nicht nur die stetige Verbesserung der Service-Qualität, sondern schließt bspw. auch das kontinuierliche Schließen von bekannt gewordenen Sicherheitslücken oder notwendige Anpassungen an die Weiterentwicklung anderer IT-Infrastrukturelemente (bspw. neue Betriebssystem-Versionen etc.) ein.

All das erfordert natürlich finanzielle

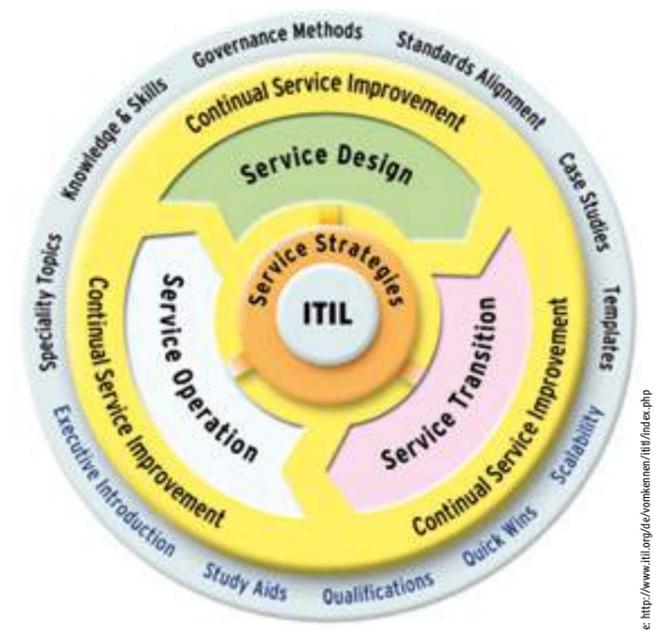


Abb. 5: Life-Cycle eines IT-Servers in der ITIL

Mittel für Investitions- und laufende Kosten, ausreichende Personalressourcen und Mittel für externe Dienstleistungen, deren Verhältnis zueinander für jeden neuen IT-Dienst im Einzelnen abzustimmen ist.

Ein Weg, trotz dieser wachsenden Ressourcenanforderungen effizient zu bleiben, ist eine sinnvolle Standardisierung und Kooperation. Das kann sich innerhalb der TU vollziehen. Für viele Standard-IT-Services ist aber vor allem die Kooperation mit unseren Partner-Rechenzentren an den Universitäten und Hochschulen im Freistaat der effektivste Weg. Doch zum Null-Tarif sind solche hochschulübergreifenden IT-Services auch nicht zu haben. Im Sinne des o. g. Paradigmas „Continous Operation“ müssen die übergreifenden IT-Services zunächst parallel zu den bestehenden Lösungen aufgebaut werden, um sie dann bei Erreichen der Funktionsreife ablösen zu können. Das kostet zusätzliche personelle und investive Aufwendungen. Erst nach erfolgreicher Ablösung und Außerbetriebsetzung der verteilten IT-Service-Lösungen können Personalkapazitäten für die Lösung anderer Aufgaben freigesetzt werden.

Im Rahmen des Initiativ-Budgets hat das SMWK im Haushaltsjahr 2014 damit begonnen, solche Kooperationsvorhaben personell zu fördern. In den Verbundprojekten für den Aufbau eines sachsenweiten Identitäts-Management-(SaxID) und eines übergreifenden Archivierungssystems für wissenschaftliche Daten (OpARA) arbeiten wir aktuell mit.

Das Ende der Gutenberg-Galaxis – der Weg zur digitalen Bibliothek?

Susanne Kandler und Angela Kugler-Kießling

Uneingeschränkt auf alles Wissen zugreifen zu können – das ist ein uralter Wunsch der Menschheit, symbolisiert durch den Turm zu Babel oder die legendäre Bibliothek von Alexandria.

Im digitalen Zeitalter scheinen wir diesem Ziel einen Schritt näher zu kommen. Aber ist die Informationsflut, der wir uns heute ausgesetzt sehen, tatsächlich gleichbedeutend mit mehr Wissen? Wir stehen mit der Digitalisierung in einem Umbruch des gesellschaftlichen Lebens, vergleichbar mit der Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern in der Mitte des 15. Jhs., der industriellen Revolution im 19. Jh. oder der Einführung von Rundfunk und Fernsehen in der ersten Hälfte des 20. Jhs.

Die Digitalisierung wird unsere Lebens- und Arbeitswelt deutlich verändern. Das digitale Zeitalter „*eröffnet den Massen das Tor zum Wissen, doch gleichzeitig wird das riesige Angebot neue Ungleichheiten hervorbringen. Wir müssen lernen, uns in der Fülle zurechtzufinden ... Doch dann werden wir die digitalen Bibliotheken und andere Dienste durchleiten wie ein Touristenführer, d. h., wir werden exzessiv selektieren und nur das zu Gesicht bekommen, was die Mehrzahl sehen will ...*“¹

Um also die Flut an Informationen sinnvoll nutzen zu können, bedarf es künftig einer eigenen Wissensbildungskompetenz. Wir müssen lernen daran zu glauben, dass eine Information stimmt, denn wir können sie in vielen Fällen nicht mehr prüfen. Doch gerade diese Prüfung war bisher bestimmend für den Vorgang der Wissensbildung. Es stellt sich also tatsächlich die Frage: Leben wir in einer Informations- oder Wissensgesellschaft?

Im Sommer 2014 verabschiedete die Bundesregierung die Digitale Agenda 2014–2017 als eines der wichtigsten Vorhaben der laufenden Legislaturperiode. Der in diesem Zusammenhang eingesetzte Rat für Informationsinfrastruktur hatte u. a. die Aufgabe, disziplinen- und institutsübergreifende Empfehlungen für die weitere Entwicklung und den Ausbau der digitalen Infrastrukturen von Bildung und Wissenschaft zu erarbeiten. Dazu gehören ganz deutlich Fragen der digitalen Langzeitarchivierung, der Zugänge zu den

Datenbanken oder der Digitalisierung von Wissensbeständen – Fragen, die in erster Linie Bibliotheken und Archive betreffen.

Der Freistaat Sachsen proklamierte ein Jahr später (2015) „Sachsen Digital“ und verfolgt damit u. a. das strategische Ziel, seine digitale Innovationskraft zu stärken, indem er einen bedarfsorientierten Ausbau der Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur fördert. Eine Maßnahme dazu ist die Nutzung von Big Data² durch die Hochschulbibliotheken des Freistaates. Dabei stellt Big Data eine der wesentlichen Zukunftsaufgaben der Bibliotheken dar, die nur in enger Abstimmung mit und zwischen den Hochschulen und deren Rechenzentren umgesetzt werden können.

Ein weiteres Konzept zur Erweiterung der Informationsinfrastruktur ist das Landesdigitalisierungsprogramm für Wissenschaft und Kultur des Freistaates Sachsen. Hier investiert der Freistaat jährlich 2,5 Millionen Euro in die Massendigitalisierung von Kulturgut und in die Langzeitarchivierung der täglich neu entstehenden immensen Datenmengen.

Über das Landesdigitalisierungsprogramm werden derzeit drei Säulen gefördert:

- Digitalisierung für wissenschaftliche und kulturelle Einrichtungen im Freistaat Sachsen, in zwei Bereichen: Massendigitalisierung für die Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) sowie für die Universitätsbibliotheken Chemnitz, Freiberg, Leipzig; Digitalisierung von Einzelstücken und besonderen Sammlungen
 - Lizenzierung digitaler Medien (Konsortium der sächsischen Bibliotheken)
 - Digitale Langzeitarchivierung
- Unmittelbar nach Verabschiedung des sächsischen Doppelhaushalts 2015/16 erfolgte die europaweite Ausschreibung der Dienstleistungsverträge für die Massendigitalisierung. Im Frühjahr 2016 stiegen

² Big Data ist ein allgemeiner Begriff, der für die Beschreibung umfangreicher Mengen unstrukturierter und semi-strukturierter Daten verwendet wird, die die Unternehmen täglich produzieren. Es nimmt viel Zeit und Geld in Anspruch, diese Daten in eine relationale, Analysen ermöglichende Datenbank zu laden.

die ersten Bibliotheken in das Landesdigitalisierungsprogramm ein.

Grundvoraussetzungen für den Einstieg in das Programm waren:

- Die zu digitalisierenden Werke durften noch nicht in digitaler Form vorliegen.
- Die Rechtklärung bezüglich der zu digitalisierenden Materialien soll bereits in der Antragsphase nachgewiesen werden. Besonders zu berücksichtigen sind eventuell vorliegende Urheber-, Persönlichkeits- und Leistungsschutzrechte.
- Die zur Digitalisierung vorgesehenen Werke haben unikalen Charakter oder besondere Seltenheit, eine hohe wissenschaftliche Relevanz oder generieren eine nachweislich starke Nachfrage.
- Der konservatorische Zustand des jeweiligen zur Digitalisierung vorgesehenen Werks lässt eine Digitalisierung ohne eine gravierende Schädigung des Originals bzw. ohne eine Verstärkung bestehender Schäden zu.
- Die Erstellung bzw. Existenz der erforderlichen Metadaten (Katalogisate bzw. Erschließungsdaten) ist Voraussetzung für die Antragsstellung. Eine Restaurierung bzw. konservatorische Bearbeitung ist im Rahmen des Landesdigitalisierungsprogramms nicht möglich.
- Außer in die Einbindung der Digitalisate in die eigenen Web-Auftritte willigt die besitzende Institution in die Bereitstellung der Metadaten unter der Lizenz CC0 für die Präsentation der Digitalisate im Rahmen des Landesdigitalisierungsprogramms sowie in der Deutschen Digitalen Bibliothek (DDB), in der Europeana sowie auch in vergleichbaren Portalen ein. Der Volltextgenerierung und Weitergabe der Daten über offene Schnittstellen wird zugestimmt. Die entstehenden Digitalisate werden – sofern möglich – unter einer offenen Lizenz, beispielsweise CC-BY-SA, veröffentlicht.

Es ist gewährleistet, dass die notwendige Unterstützung vor Ort geleistet werden kann (bspw. für die Materialauswahl, die Bestandsvorbereitung) und dass qualifizierte Ansprechpartner/innen verfügbar sind.

Außer Drucken und Handschriften erfasst das Programm auch Fotobestände, Münzen, Musikalien, Karten, Filme, Tonträger oder andere Medien mit einem besonderen historischen oder kulturellen Wert.

Neben den großen Universitätsbibliotheken Chemnitz, Dresden und Leipzig hat sich im Frühjahr 2015 auch die Universitätsbibliothek Freiberg entschlossen, sich in enger Zusammenarbeit mit der SLUB Dresden mit Teilbeständen aus dem Nachlass des Geologen und Mineralogen Abraham Gottlob Werner (1749–1817) am Landesdigitalisierungsprogramm zu beteiligen. Vorgesehen ist die Bearbeitung wesentlicher Teile seiner Privatbibliothek und des gesamten handschriftlichen wissenschaftlichen Nachlasses dieses bedeutenden Gelehrten, an dessen 200. Todestag im kommenden Jahr mit einem internationalen Symposium³ erinnert werden wird.

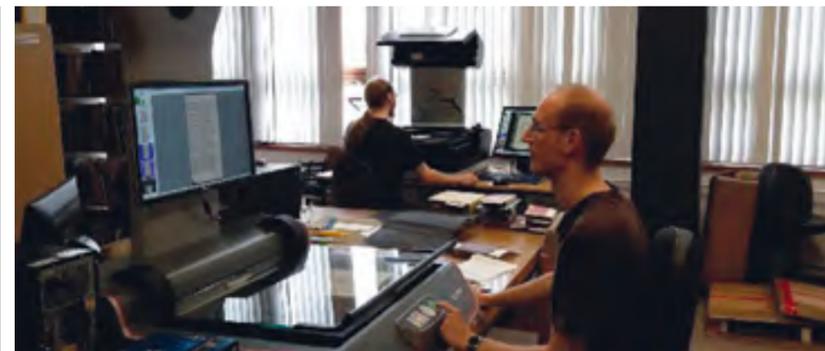
Bis Ende dieses Jahres werden insgesamt etwa 1000 Bde. aus dem 15. bis 19. Jh. digitalisiert sein und über den Katalog der UB weltweit im Volltext zur Verfügung stehen. Bei der Digitalisierung erfolgt eine Übertragung von Texten in analoger, gedruckter Form zunächst als Images. Innerhalb eines Zeitraums von neun Monaten sollen so etwa 300.000 Images der dafür ausgewählten Druckwerke angefertigt und bearbeitet werden. Die Präsentation der Objekte erfolgt mit der Workflowsoftware Kitodo (*Key to digital objects*). Bei dieser Software handelt es sich um eine quelloffene, plattformunabhängige und lizenzkostenfreie Software, die aufgrund ihrer hohen Flexibilität für unterschiedliche Digitalisierungsstrategien und skalierbare Geschäftsmodelle geeignet ist. Sie ermöglicht eine problemlose Weitergabe der Digitalisate an nationale und internationale Recherche- und Präsentationswerkzeuge wie etwa den DFG-Viewer, die Deutsche Digitale Bibliothek oder die Europeana⁴.

Auf die Bereitstellung recherchierbarer Volltexte muss vorerst verzichtet werden, da die technischen Voraussetzungen hierfür leider noch nicht zur Verfügung stehen.

Parallel zur Bearbeitung der gedruckten Bestände erfolgt die Bearbeitung des wissenschaftlichen Nachlasses von Abraham Gottlob Werner. Seine handschriftlichen Hinterlassenschaften waren nach seinem Tod thematisch sortiert und in 84 Bänden zusammengefügt worden.

³ <http://tu-freiberg.de/ub/werner-symposium-2017>

⁴ Europeana ist eine virtuelle Bibliothek, die einer breiten Öffentlichkeit das wissenschaftliche und kulturelle Erbe Europas von der Vor- und Frühgeschichte bis in die Gegenwart in Form von Bild-, Text-, Ton- und Video-Dateien zugänglich macht.



Der Lesesaal des Wissenschaftlichen Altbestands wird vorübergehend zum Digitalisierungszentrum

Die ersten 78 Bände enthalten seine Vorlesungsmanuskripte, Aufsätze, verschiedene Dienstschriften und Notizen. In den Bänden 79–84 sind die an Werner gerichteten Briefe erfasst. Hierbei handelt es sich ausschließlich um wissenschaftliche Korrespondenz. Private Briefe wurden an die Schwester Werners übergeben.

Ergänzt werden die Briefbände noch durch einen Band mit Briefen Werners an den Naturforscher und Geologen Nathanael Gottfried Leske (1751–1786), mit dem er offensichtlich in herzlicher Freundschaft verbunden war. Die in diesem Band erhaltenen Briefe gehören weltweit zu den wenigen Briefdokumenten von der Hand Abraham Gottlob Werners, die bis heute erhalten geblieben sind. Neben den Briefkonvoluten existieren noch 37, meist zu Bündeln zusammengefasste Faszikel, die Dienstschriften oder auch Aufsätze Dritter enthalten. Diese 85 Bände und 37 Faszikel werden im Rahmen des Landesdigitalisierungsprogramms bibliothekarisch erfasst, digitalisiert und in Form von 2500 Volltextdokumenten (56.000 Images) über den Bibliothekskatalog der UB Freiberg zur Verfügung gestellt.

Da im Gegensatz zu Büchern aus säurefreiem Papier, die eine Haltbarkeit von hundert und mehr Jahren aufweisen, digitale Dokumente bereits nach wenigen Jahren aufgrund eines Medienfehlers oder eines veralteten Datenformats nicht mehr benutzbar geworden sein können, finanziert der Freistaat auch die Langzeitarchivierung. Die digitale Archivierung über lange Zeiträume dient der Erhaltung des digitalen Erbes und umfasst technische, organisatorische und bibliothekarische Maßnahmen zum langfristigen Erhalt der Korrektheit (engl. *Bitstream Preservation*) und der Interpretierbarkeit (engl. *Content Preservation*) digitaler Dokumente. Konzepte und Kriterien für die digitale Langzeitarchivierung werden seit einigen Jahren entwickelt und diskutiert. Seit

kurzem werden digitale Langzeitarchive auch produktiv eingesetzt. Für Sachsen hat diese Aufgabe die SLUB Dresden als ausgewiesene Archivbibliothek übernommen. Sie folgt damit ihrem gesetzlichen Auftrag der langfristigen Verfügbarkeit von digitalen Objekten. Alle im Zuge des Landesdigitalisierungsprogramms für Wissenschaft und Kultur produzierten Digitalisate werden nach dieser Maßgabe in der SLUB archiviert und langfristig erhalten.

Unabhängig vom sächsischen Landesdigitalisierungsprogramm wurde im Jahr 2016 in Zusammenarbeit mit dem Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG) und dem Institut für Mineralogie ein Projektantrag für die Erarbeitung einer digitalen Edition der Werner-Briefe bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft gestellt. Im Rahmen dieses Projekts ist erstmals auch eine inhaltliche Bearbeitung der Briefe an und von Abraham Gottlob Werner vorgesehen.

Mit dem Einstieg in das Landesdigitalisierungsprogramm ermöglicht die Universitätsbibliothek Freiberg als kleinste der sächsischen Universitätsbibliotheken bis zum Jahresende einen schnellen Zugriff auf eine relativ große Menge bisher unveröffentlichter historischer Dokumente.

Mit der stetig wachsenden Zahl von bereitgestellten E-Books und E-Journals und der Möglichkeit des Zugriffs auf unzählige Datenbanken wird mit dem Ausbau der digitalen Bibliothek ein weiterer Baustein auf dem Weg zur Digitalisierung der Wissenschaft gelegt. Damit kommen auf die Bibliotheken jedoch neue Aufgaben zu. Zum einen müssen die digitalen Angebote so aufbereitet werden, dass sie vom Nutzer gefunden und benutzt werden können. Zum anderen gilt es aber auch die Nutzer so zu schulen, dass sie sich in der Flut digitaler Informationen zurechtfinden.

Feierliche Eröffnung des EIT RawMaterials – Regional Center Freiberg

Am 20. Oktober eröffneten der Staatssekretär im Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Uwe Gaul, und der Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, das EIT RawMaterials – Regional Center Freiberg. Mit dem lokalen Büro wollen die Freiburger Wissenschaftseinrichtungen die regionale Vernetzung sowie die akademische Ausbildung im Rohstoffbereich fördern. Die natürlichen Ressourcen unserer Erde und der nachhaltige Umgang mit diesen sind Zukunftsfragen für das Industrieland Deutschland. Sie beschäftigen sowohl den Bildungssektor und die Wirtschaft als auch die Politik. Als Kooperationsbüro der TU Bergakademie Freiberg, des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF), das zum Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf gehört, sowie des European Institute of Innovation and Technology (EIT) ist das Regional Center Freiberg bereits seit September 2015 aktiv. Hauptaufgaben sind die zentrale Information und Beratung der Fakultäten und Einrichtungen an Universität und Helmholtz-Institut sowie der regionalen Wirtschaftsverbände und einzelnen Wirtschaftsunternehmen. Insgesamt ist die TU Bergakademie Freiberg im Rahmen des EIT RawMaterials in 20 Projekte und das Helmholtz-Institut in sechs Projekte involviert.



(v.l.) Prof. Juraj Janočko (TU Košice), Dr. Alfred Maier (Montanuni Leoben), Prof. Markus Reuter (HIF), Tomas Jensen (EIT RawMaterials), Prof. Broder Merkel, Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, Prof. Urs Peuker, Gabriele Süptitz (SMWK), Dr. Kristina Wopat (GraFa), Krzysztof Kubacki (EIT RawMaterials CLC East), Prof. Radoslaw Zimroz (Uni Wroclaw), Prof. Agnieszka Wylomanska (Uni Wroclaw), Dr. Michał Młynarczyk (EIT RawMaterials CLC East)

Geleitet wird das Projektbüro von zwei Professoren der TU Bergakademie Freiberg: Prof. Dr. Urs Peuker, Institutsdirektor Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, und Prof. Jens Gutzmer, Inhaber der Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie sowie Direktor am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie.

Die Arktis im Fokus: Internationale Konferenz zu Bodenschätzen und Energieressourcen

Wird die Arktis zum politischen Spielball? Unter dem arktischen Eis verbergen sich ungeahnte Bodenschätze und Energieressourcen. Die geostrategischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen, die damit einhergehen, wurden auf der Arktis-Konferenz – ausgerichtet von unserer Universität – am 9./10. Juni 2016 diskutiert.

Der arktische Raum ist weltweit die vielleicht interessanteste Region in Hinsicht auf seine umweltpolitische und wirtschaftliche Bedeutung. Sie umfasst die Nordgebiete Dänemarks (Grönland), Norwegens, Russlands, Kanadas und der Vereinigten Staaten von Amerika. Neue Seewege und Fördermöglichkeiten der Ressourcen rücken die Region verstärkt ins Blickfeld der Politik und Wirtschaft. „Diese hohe geopolitische und geoökonomische Bedeutung wollen wir künftig wissenschaftlich, aber auch politisch näher beleuchten“, erklärte Rektor Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht. Mit ihrem umfangreichen Wissensschatz im Ressourcenbereich besitzt die TU Bergakademie Freiberg künftig auch das neue Themengebiet „Exploration von Lagerstätten und der Abbau von Rohstoffen in ökologisch sensiblen und geopolitisch bedeutsamen Gebieten wie der Arktis“.

Wissenschaftsstaatssekretär Uwe Gaul betonte die hohe Kompetenz der TU Bergakademie Freiberg als wichtiger Partner in Fragen der Erkundung, Gewinnung, Aufbereitung bzw. Veredelung und Verarbeitung sowie des Recyclings von Rohstoffen und einer nachhaltigen Stoff- und Energiewirtschaft. Unter Moderation des Rektors, Prof. Dr. Barbknecht, tauschten die Botschafter Norwegens (Elisabeth Walaas) und Dänemarks (Friis Arne Petersen) sowie Vertreter der Botschaften Russlands (Alexey Isachenko), Kanadas (Jennifer May) und der Vereinigten Staaten von Amerika (James A. Boughner) mit Dr. Peer Hoth vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Dr. Volker Steinbach von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ihre Vorstellungen zu den politischen, sicherheitspolitischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in der Arktisregion aus und diskutierten über die Perspektiven und



Podiumsdiskussion im Rahmen der Arktis-Konferenz in der Alten Mensa

Herausforderungen bei der Förderung fossiler Energieträger sowie weiterer Rohstoffe in der Arktis.

Die Herausforderungen an die Wissenschaft, Lösungen zu entwickeln, wie die Arktis genutzt werden kann, sind groß. Es gibt auch viele Dinge, die über den arktischen Raum noch nicht bekannt sind. Diese Wissenslücke gelte es zu schließen, erklärte Jennifer May, Vertreterin der kanadischen Botschaft. Das funktioniert nur mit einer gemeinsamen Forschung. Zu diesem Zweck richtet Kanada im Jahr 2017 eine neue Forschungsstation ein, in der Wissenschaftler aus aller Welt interdisziplinär zusammenarbeiten können. Im Anschluss an die Podiumsdiskussion stellten Wissenschaftler der TU Bergakademie Freiberg bei einer Poster-Session ausgewählte Forschungsprojekte, wie bspw. den Einsatz von Robotern im Bergbau, Möglichkeiten zur Verwendung von Erdölbegleitgasen oder Werkstoffen, die im Arktis-Gebiet einsetzbar sind, vor. Der zweite Konferenztag am 10. Juni widmete sich im ersten Teil Grönland und im zweiten Teil den technischen Herausforderungen bei der Förderung von Rohstoffen im arktischen Raum. Die Referenten informierten dabei u. a. über das Rohstoffpotenzial des Gebiets bzw. über die technischen Herausforderungen bei der Gewinnung von Rohstoffen im arktischen Raum.

Freiberg erhält Chile-Haus

Stifterin Dr. Erika Krüger engagiert sich für internationales Studentenhaus
Birgit Seidel-Bachmann

Chile ist ein wichtiger Partner für die TU Bergakademie Freiberg. In den vergangenen Jahren konnte die Bergakademie Kontakte zu mehreren chilenischen Hochschulen auf- und ausbauen, so dass inzwischen mehrere Institute der Universität eine Zusammenarbeit mit chilenischen Partnern pflegen. An allen sechs Fakultäten der Universität gibt es chilenische Studenten und Promovenden. Bei den Freiburger Studenten sind Studienaufenthalte und Praktika in Chile sehr beliebt. Das Interesse an einer chilenisch-deutschen Zusammenarbeit ist auf beiden Seiten groß. Stifterin Frau Dr. Erika Krüger hat sich daher entschlossen, diese Zusammenarbeit durch ein besonderes Projekt zu fördern und in Freiberg ein Chile-Haus errichten zu lassen. Am 5. August 2016 wurde dafür der Grundstein gelegt.

Das Chile-Haus Freiberg entsteht derzeit in der Brennhaugasse, unweit des Schloßplatzes und des Krüger-Hauses, das ebenfalls dank des Engagements von Dr. Krüger entstand und in dem sich heute die „Mineralogische Sammlung Deutschland“ befindet. Im Chile-Haus sollen künftig chilenische Studenten, Promovenden und Gastwissenschaftler ihre vorübergehende Heimstatt finden. Neben Wohnräumen für Kurz- und Langzeitaufenthalte wird es einen Gemeinschaftsraum geben, in dem auch Seminare und Übungen durchgeführt werden können. Darüber hinaus wird das Haus einen kleinen Garten haben. Mehr als eine Million Euro stellt die Stifterin, die zugleich Vorsitzende der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung ist, persönlich für dieses Vorhaben zur Verfügung.

Bereits in der Mitte des kommenden Jahres soll das Haus fertiggestellt sein.

In ihrer Begrüßung ging Erika Krüger u. a. auf ihre Beweggründe ein, das alte Gebäude in der Freiburger Innenstadt zu erwerben und dort ein Chile-Haus entstehen zu lassen. Die Anregung dafür bekam sie insbesondere durch ihre Kontakte zu den Professoren Gerhard Heide und



Festliche Grundsteinlegung für das Chile-Haus am 5. August 2016 – Bildmitte: Stifterin Frau Dr. Erika Krüger mit der Hülse voll aktueller und archaischer Materialien, die in das Fundament eingemauert wurden

Michael Schlömann. Der Mineraloge und der Mikrobiologe starteten vor vier Jahren die „Domeyko-Initiative“, ein deutsch-chilenisches Ausbildungsprojekt im Bereich der Montanwissenschaften. Der Name der Initiative geht auf Ignacio und Casimiro Domeyko zurück. Beide, Vater Ignacio und Sohn Casimiro, hörten in Freiberg Vorlesungen bzw. studierten an der Bergakademie. Später erwarben sie sich in Chile große Verdienste, u. a. um den Bergbau. Ignacio Domeyko wurde sogar Rektor der Universidad de Chile, sein Sohn wurde Rektor in Copiapo.¹ Chilenische Partnerhochschulen im Domeyko-Netzwerk sind die Universidad de Concepción (UdeC), die Universidad Católica del Norte (UCN) in Antofagasta und die Universidad de Atacama (UDA) in Copiapó, einer Bergbaustadt mit ähnlicher Geschichte wie Freiberg. Darüber hinaus gibt es gute Kontakte zu weiteren chilenischen Universitäten, insbesondere zur Universidad de Santiago de Chile (USACH).

Grußworte von Staatsminister Prof. Georg Unland, Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht und Oberbürgermeister Sven Krüger sowie ein kleiner Empfang rundeten die symbolische Grundsteinlegung als würdige Veranstaltung – mit dabei anwesenden chilenischen Studenten und Doktoranden sowie weiteren internationalen Gästen, u. a. aus Russland und den USA – ab.

Zu den Dokumenten und Erinnerungsstücken, die in das Fundament eingemauert wurden, gehören u. a. Kopien der

¹ Siehe hierzu auch ACAMONTA 2012, S. 165–166.



Dr. Erika Krüger und Prof. Klaus-Dieter Barbknecht versenken die Hülse im Fundament

Immatrikulationsbescheinigung des ersten chilenischen Studenten in Freiberg sowie Unterlagen zum Aufenthalt Casimiro Domeykos an der Bergakademie, Mineralien (vorwiegend chilenische Kupferminerale aus dem Fundus der Mineralogischen Sammlung sowie einige Proben aus aktuellen Forschungsprojekten), aktuelle Münzen (von Finanzminister Prof. Unland zur Verfügung gestellt), eine Gedenkmünze anlässlich des im Vorjahr begangenen 250. Universitätsjubiläums, Kopien der Ehrenpromotionsurkunde der chilenischen Präsidentin Michelle Bachelet sowie von Frau Dr. Erika Krüger, eine Broschüre zum Jubiläumsjahr der TU Bergakademie Freiberg, ein Exemplar der Freien Presse vom 5. August, das aktuelle Amtsblatt der Stadt Freiberg sowie Informationen zum Bürgerhaushalt und eine Kopie der Baugenehmigung.

Erfolgsteam „Junge Frauen an die Spitze“ geht ins fünfte Jahr

Kristina Wopat¹

Die Graduierten- und Forschungsakademie der TU Bergakademie Freiberg hat im Mai 2012 im Rahmen der Maßnahmen zur Umsetzung des Gleichstellungskonzepts der Universität das Projekt Erfolgsteam „Junge Frauen an die Spitze“ zur Förderung von Doktorandinnen mit besonderer Eignung für eine wissenschaftliche Laufbahn gestartet. Mittlerweile zählt das Erfolgsteam 38 Teilnehmerinnen aus allen sechs Fakultäten, davon acht internationale Doktorandinnen.

Rahmen und Notwendigkeit des Programms

Gleichstellungsprojekte, in der Vergangenheit lange belächelt, sind heute kein sog. „weicher Faktor“ mehr, denn die DFG evaluiert mittlerweile ihre Mitgliedseinrichtungen diesbezüglich nach strengen Kriterien, und „die Einhaltung der forschungsorientierten Gleichstellungsstandards ist außerdem eines der entscheidungsrelevanten Kriterien bei der Bewilligung von Forschungsverbänden, bei denen Mitgliedseinrichtungen Antragsteller sind.“ [1]

Als Universität haben wir noch viel Arbeit vor uns, um stabil gute Werte in den deutschen Hochschulrankings bzw. den Evaluationen der DFG zu erzielen. Zwar konnten wir uns im jüngsten bundesweiten Hochschulranking des CEWS² von 2015, bei dem der Frauenanteil an den Promotionen in Beziehung gesetzt wird zu dem an den Studierenden und damit fächerunabhängige Ergebnisse liefert, immerhin im Mittelfeld mit einem Indikatorwert von 0,84 platzieren. Im Vergleich dazu erreichten aber die TU Dresden und die RWTH Aachen Spitzenplätze mit Werten von 0,967 und 0,946 [2]. Bei der zahlenmäßigen Bewertung der wissenschaftlichen Qualifikation nach der Promotion durch Habilitation oder auf einer Juniorprofessur landete die TU Bergakademie Freiberg mit einem

GRADUIERTEN- UND FORSCHUNGS-AKADEMIE
CENTRE OF ADVANCED STUDY AND RESEARCH



Indikatorwert von 0,357 im bundesweiten Vergleich nur auf dem fünftletzten Platz von 269 im Ranking berücksichtigten Hochschulen. Grundlage für die Ermittlung dieses Indikatorwerts war der Anteil der weiblichen Promovierten an der Zahl der im Untersuchungszeitraum 2011-2013 Promovierten insgesamt [3].

Das Erfolgsteam „Junge Frauen an die Spitze“ fördert deshalb gezielt begabte junge Frauen in Richtung einer wissenschaftlichen Laufbahn. 2014 wurde das Programm von der DFG in ihren Instrumentenkasten „Gleichstellung in der Wissenschaft“ aufgenommen und damit als innovatives Modell und vorbildliche Maßnahme zur Förderung der Chancengleichheit anerkannt. Darüber hinaus hilft das Modell der GraFA im Besonderen, Hindernisse auf dem Weg zur wissenschaftlichen Karriere für Frauen mit Kinderwunsch besser zu verstehen und passgenaue Maßnahmen zu entwickeln, um die Frauen zu unterstützen, diese nach wie vor bestehende hohe gesellschaftliche Hürde zu nehmen.

Die Programmelemente

Sieben Elemente werden in diesem Programm synergetisch miteinander verflochten:

- 1) Mit einem personenorientierten Ansatz werden die Teilnehmerinnen für maximal drei Jahre begleitend zu ihrer Promotion trainiert und gecoacht. Durch eine solche langfristige Begleitung können die individuellen Stärken der Wissenschaftlerinnen systematisch identifiziert und entwickelt - und zumeist unbewusste innere Bilder und Muster, die für Karriereentscheidungen durchaus oft handlungsleitend sind, zugänglich gemacht, überprüft und gezielt verändert werden. Dabei kommen Methoden wie beispielsweise das Mentaltraining zum Einsatz, die bisher in Deutschland eher Führungskräften und Leistungssportlern vorbehalten waren.
- 2) In sehr persönlichen Interviews mit herausragenden Frauen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur und Politik lernen die Teilnehmerinnen deren Lebenswege und Erfolgsstrategien kennen. Die strukturierte Reflexion nach sog. „Kamingesprächen“ mit Methoden des forschenden Lernens verdichtet und systematisiert die individu-

ell dabei gewonnenen Erkenntnisse. Auf diese Weise wird ein nachhaltiger Lerneffekt erzielt, der es den Teilnehmerinnen ermöglicht, das eigene Sinn- und Deutungssystem als handlungsleitende Struktur zu hinterfragen und neue Lebens-Perspektiven zu entwickeln.

3) Ein weiterer Programmbestandteil ist es, den jungen Frauen Möglichkeiten aufzuzeigen, wie sich wissenschaftliche Karriere und Kinderwunsch miteinander verknüpfen lassen. Dazu werden zum einen vorrangig solche Role Models für die Interviews ausgewählt, die herausragende Leistungen und Mutterschaft miteinander verbunden haben, wie beispielsweise Frau Prof. Dr. Schwille, Leibnitzpreisträgerin und Direktorin eines Max-Planck-Instituts, die zugleich drei Kinder im Krippen-, Kindergarten- und Grundschulalter erzieht. In für ihre berufliche Biografie kritischen Entscheidungssituationen, wie beispielsweise über

- einen Forschungsaufenthalt mit Kleinkind im Ausland (was sich in der Praxis oft äußerst schwierig gestaltet) oder
- einen Tagungsbeitrag in der nur zweijährlich stattfindenden wichtigsten internationalen Fachtagung im hochschwangeren Zustand oder
- die Dauer und Aufteilung der Elternzeit mit dem Partner

nutzen die Teilnehmerinnen zum anderen die Kreativität der Gruppe und die Expertise der Programmleiterin, um ggf. unkonventionelle Lösungen zu entwickeln, die den Großteil der Aspekte in solch komplexen Situationen in eine Balance bringen.

4) Die international und interdisziplinär zusammengesetzte Gruppe der Nachwuchsforscherinnen wird gezielt als Entwicklungs- und Gestaltungsteam und -raum verstanden und gilt als ein zentrales Element des Programms. Die innere Vielfalt der Gruppe bietet den Rahmen, der sich eignet, um wesentliche Schlüsselkompetenzen wie systemisches Denken, Reflexivität, Integrität und die Beherrschung einer wertschätzenden Auseinandersetzungskultur in einem globalen Kontext an komplexen Problemfällen zu trainieren. Aktuelle lebensweltliche Probleme und Krisen, wie sie beispielsweise die syrischen oder ukrainischen Teilnehmerinnen aus Kriegs- bzw. Krisengebieten zzt. belasten, werden in der Gruppe aufgenommen und schaffen über die Gesprächstechniken neben einem erweiterten, globalen Blick auch Kompetenzzuwachs bezüglich der Kommunikationsfähigkeit und der Men-

schkenntnis im Hinblick auf ihren künftigen Einsatz als Führungskräfte in einem internationalen Umfeld.

5) Der Aufbau eines eigenen (internationalen) Netzwerks wird durch die Gruppe selbst gewährleistet. Die Teilnehmerinnen legen den Grundstein für ein lebenslang tragendes internationales Netzwerk als Alumni des Erfolgsteams „Junge Frauen an die Spitze“, was durch die geplanten (teilweise auch virtuellen) Alumnitreffen und die Einrichtung einer eigenen Alumni-Gruppe beim FAN, dem Freiburger Alumni Netzwerk, begleitet wird. Spezielle Trainings für den Netzwerkaufbau innerhalb der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen unterstützen dies zusätzlich.

6) Projekte wie die Gestaltung von Freiburger Zukunftsgesprächen, Lehrerfortbildungen für sächsische Schulen aller Schularten und Fachrichtungen, die Leitung einer studentischen Peergroup (wie beispielsweise bei Uni Wind Freiberg e. V.) oder das Engagement als Gleichstellungsbeauftragte an einer Fakultät schaffen zusätzliche Praxisfelder.

7) Einen weiteren Erfahrungsraum schafft die Strategie-Studien-Fahrt nach Brüssel, bei der die Teilnehmerinnen sich mit den Prinzipien der europäischen Forschungsförderung vertraut machen, europäische Zielstellungen und Verfahren sowie zukünftige Entwicklungsprozesse in Bezug auf ihre jeweiligen Fachgebiete erkunden und strategisch geschicktes Vorgehen zur Einflussnahme auf die Förderpolitik kennenlernen. Sie erleben europäische Entscheidungsprozesse hautnah und treffen Entscheidungsträger im persönlichen Gespräch. Die Studienfahrt wird durch die Gruppe selbst vorbereitet.

In der Reflexion darüber schreibt A. Hanebuth, eine der Teilnehmerinnen des Jahrgangs 2012: „Ich fühlte, ich laufe durch eine Stadt, in der die Zukunft Europas entschieden wird ... spürte wie konkret alles wurde und dass es doch recht viele Punkte gab, an denen man also ansetzen konnte. Dies ... war sehr bestärkend. Mir wurde klar, dass die EU und die Politik nicht so weit weg sind, wie man sich das an einer Universität denken mag, wenn man über seinen wissenschaftlichen Themen brütet. Mir wurde klar, dass viele Dinge ganz leicht zu erfragen sind und es lediglich einer E-Mail oder eines Anrufs bedarf, um in seinem Anliegen weiterzukommen. Mir wurde klar, dass ich diese Möglichkeiten, die über die EU-Förderung greifbar werden, nicht länger auf später verschieben sollte. Mir wurde klar, dass ICH genau dort wo



Abb. 1: Mitglieder der Jahrgänge 2012 und 2013 bei der Strategie-Studienfahrt in Brüssel



Abb. 2: Verabschiedung der ersten Kohorte im Jahr 2015

ich jetzt stehe, bereits gut genug bin, um dort einen (Förder-)Antrag zu stellen.“ [4]

Ausblick

Im Oktober 2016 wurde die fünfte Kohorte junger Nachwuchswissenschaftlerinnen ins Erfolgsteam aufgenommen. Die ersten vier Teilnehmerinnen haben ihre Dissertation bereits erfolgreich verteidigt, eine weitere hat ein Unternehmen gegründet. Elf Frauen sind mittlerweile Mütter, das nächste Kind wird erwartet.

Bei einem solchen auf die Karriere- und Kompetenzentwicklung angelegten Programm ist eine Erfolgsmessung nicht einfach. Wissenschaftliche Laufbahnen brauchen ein paar Jahre. Die sehr hohe Zufriedenheit der Teilnehmerinnen und ihr starkes Engagement müssen uns vorerst genügen. Wir wünschen den Nachwuchswissenschaftlerinnen Erfolg für ihre berufliche Entwicklung und danken

der Rektoratskommission Gleichstellung und der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung für die Unterstützung, die das Programm ermöglicht.

Literatur

- 1 Forschungsorientierte Gleichstellungsstandards der DFG, S. 6; so gesehen unter http://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/grundlagen_dfg_foerderung/chancengleichheit/forschungsorientierte_gleichstellungsstandards.pdf am 11.08.2016.
- 2 Löther, Andrea; GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung (CEWS) (Ed.): Hochschulranking nach Gleichstellungsaspekten 2015. Köln, 2015 (cews.publik 19), S. 49ff.
- 3 Ebenda, S. 53.
- 4 Erfolgsteam „Junge Frauen an die Spitze“. Ein promotionsbegleitendes Programm der Graduierten- und Forschungsakademie im Rahmen der Gleichstellungsförderung der TU Bergakademie Freiberg. Inhalte und Eindrücke aus Sicht der ersten Gruppe. S. 26.

1 Graduierten- und Forschungsakademie, TU Bergakademie Freiberg, Prüferstr. 2; kristina.wopat@grafa.tu-freiberg.de
2 CEWS: GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften - Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung

Familienfreundliche Hochschule – Anspruch und Realität

Kristina Wopat¹, Caroline Weller¹

Die TU Bergakademie Freiberg steht angesichts des demografischen Wandels in einem schwieriger werdenden Wettbewerb um die besten Köpfe. Familienfreundlichkeit ist daher ein nicht zu unterschätzender Standortfaktor. Ergänzend dazu, dass – wie im Leitbild der Universität beschrieben – „die familiäre Atmosphäre an der Universität einer unserer Vorteile“² ist, ist es notwendig, systematisch Strukturen zu schaffen, die langfristig die Familienfreundlichkeit im alltäglichen Handeln verankern und dies auch nach außen hin sichtbar zu machen.

Mit der Einrichtung der Rektorkommission Gleichstellung und der Verabschiedung des Gleichstellungskonzepts 2011 wurden wichtige Schritte in diese Richtung gegangen. 2013 startete die Universität im Rahmen eines Auditierungsverfahrens durch die berufundfamilie gGmbH einen Entwicklungsprozess, der im März 2014 zur Verleihung des Zertifikats als „familiengerechte hochschule“ führte. Im Mai 2014 folgte die Unterzeichnung der Charta „Familie in der Hochschule“ und damit der Beitritt zum „Best Practice Club“ familienorientierter deutscher Hochschulen.

Ein sehr offen definiertes Grundverständnis von Familie

Das in einem breiten Diskussionsprozess definierte Familienbild wurde bewusst sehr offen formuliert, um der Vielfalt von Lebensrealitäten und den verschiedensten Formen von Familie gerecht zu werden: „Familie ist für uns eine Lebensform, in der die Beziehungen durch Solidarität, persönliche Verbundenheit und Fürsorge (wie Betreuung und/oder Pflege) gekennzeichnet sind.“ [1]



Foto: GrafA, TU Bergakademie Freiberg

Das Audit „familiengerechte hochschule“

Im Ergebnis einer intensiven und offenen Diskussion mit Vertretern aller Bereiche aus Forschung, Lehre und Verwaltung wurde ein Maßnahmenpaket für einen Dreijahreszeitraum bis Januar 2017 definiert, das sieben Handlungsfelder umfasst:

- Arbeits-, Forschungs- und Studienzeit
- Arbeits-, Forschungs- und Studienorganisation
- Information und Kommunikation
- Führung
- Personalentwicklung und wissenschaftliche Qualifizierung
- Entgeltbestandteile und geldwerte Leistungen sowie Studienfinanzierung
- Service für Familien

In den zurückliegenden zwei Jahren konnten dabei einige wesentliche Verbesserungen erreicht werden, beispielsweise die neue Dienstvereinbarung zur gleitenden Arbeitszeit und die Einflussmöglichkeit von studierenden Eltern auf die Lehrveranstaltungsplanung. Wenn sie durch die Kinderbetreuung zeitliche Einschränkungen für Lehrveranstaltungen haben, können sie nun nach Rücksprache mit den Bildungsbeauftragten der Fakultäten jeweils ein Semester im Voraus Einfluss auf die Gestaltung der Lehrveranstaltungsplanung des Folgesemesters nehmen. Ziel soll dabei sein, dass zumindest die Pflichtveranstaltungen zu mit den Öffnungszeiten der Kindertageseinrichtung kompatiblen Zeiten stattfinden.

Auch viele andere Maßnahmen werden von den Eltern gut genutzt:³

- Ein online-Familienportal liefert kompakte Informationen für alle Interessierten, insbesondere für Eltern sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die Angehörige pflegen.⁴

³ Auswahl

⁴ <http://tu-freiberg.de/familienfreunde-universitaet/familiengerechte-hochschule>

• Doktorandinnen, die aufgrund der Schwangerschaft oder Stillzeit einem Labor- bzw. Beschäftigungsverbot unterliegen, können aus dem Fonds der Rektorkommission Gleichstellung Unterstützung durch eine wissenschaftliche Hilfskraft beantragen, um die Arbeit an der Dissertation erfolgreich fortsetzen zu können.

• Eltern-Kind-Zimmer, Wickelplätze, Stillmöglichkeiten, Babykostwärmer und andere Service-Angebote auf dem Universitätsgelände wurden eingerichtet, und ein spezieller Lageplan informiert darüber.

• Frischgebackene Eltern können eine Begrüßungstasche in Empfang nehmen, die als Kinderwagentasche dient und gefüllt ist mit Informationen sowie Gutscheinen und Geschenken von Sponsoren.

In diesem Zusammenhang ist dem Studentenwerk Freiberg zu danken, das eine Vorreiterrolle einnimmt und bereits seit gut zehn Jahren ein Begrüßungsgeld von 50 € für die Studentenkinder ausahlt und nun auch die Übergabe der Begrüßungstaschen für die Studierenden übernimmt.⁵ Das Studentenwerk der TU Bergakademie Freiberg unterhält zudem zwei Kindertagesstätten mit bis zu 125 Plätzen. Die beiden Kitas liegen zu Fuß nur fünf Minuten vom Campus entfernt.

Die Verantwortung für die Umsetzung des Maßnahmenpakets „liegt bei der Hochschulleitung über die Rektorkommission Gleichstellung unter Leitung des Prorektors Forschung (mittlerweile des Rektors, Anm. d. V.) und bei Bedarf in Abstimmung mit dem Personalrat bei den Leitungen der Fakultäten, Lehrstühle und Institute, bei den Leitungen der Dezernate der zentralen Universitätsverwaltung, bei den Leitungen der zentralen Struktureinheiten sowie bei den jeweiligen Beauftragten (für Gleichstellung, Bildung, Berufungen).“ [2] Die Koordination wurde an der Graduierten- und Forschungsakademie angesiedelt.

Die Rückmeldungen auf die Jahresberichte seitens der Auditorin der berufundfamilie gGmbH geben Orientierung und zeigen zudem, dass die TU Bergakademie Freiberg auch im deutschlandweiten Vergleich sehr positive Akzente setzt: „Als ganz herausragend bewerten wir die Stellungnahme des Rektorats zur Umsetzung der familiengerechten Hochschule in einem ausgewogenen Ausgleich der dienstlichen, studienorganisatorischen und familiären Notwendigkeiten. In ihrer Klarheit ist

⁵ Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erhalten die Begrüßungstasche in der Personalabteilung. Vorzulegen sind die Geburtsurkunde des Kindes und der Mitarbeiterausweis.

diese Stellungnahme einzigartig in der deutschen Hochschullandschaft und kann als Best-Practice-Beispiel auch für andere dienen.“ [3]

Die Mitarbeit im „Best Practice Club“ familienorientierter deutscher Hochschulen

Während durch das Audit „familiengerechte hochschule“ eher strukturelle Veränderungen unterstützt werden und die Abläufe stark schematisiert sind, bietet die Mitarbeit im „Best Practice Club“ familienorientierter deutscher Hochschulen die Möglichkeit, im Austausch mit anderen Mitgliedshochschulen gegenseitig von den Erfahrungen und Projekten zu profitieren sowie inhaltliche Impulse aus der Hochschulcommunity aufzunehmen.

Die TU Bergakademie Freiberg übernimmt im Club die Beratung beitragsinteressierter Technischer Universitäten und arbeitet aktiv in der Arbeitsgruppe „Familiengerechte Führung“ mit. Der Best Practice Club bietet eine unkomplizierte und kostenfreie Unterstützung durch Expertinnen und Experten zu den unterschiedlichsten Fragestellungen im Bereich der Familienfreundlichkeit an



der Hochschule, Netzwerkarbeit im besten Sinne also. Zugleich nimmt er eine gesellschaftsgestaltende Rolle ein, positioniert sich öffentlich zu Gesetzentwürfen und formuliert dazu in seiner Charta: „Wir verstehen uns als Vorreiterinnen bei der gesellschaftlichen Entwicklung hin zu mehr Familienorientierung und Wertschätzung von Vielfalt. Wir integrieren Vereinbarkeit in unsere Profilentwicklung und sehen sie als Leitungs- und Querschnittsaufgabe ...“ [4]

Der Weg ist das Ziel

Die Maßnahmen zur Familienfreundlichkeit messen sich am Bedarf der Studierenden, Wissenschaftler_innen und Mitarbeiter_innen. Neu zu Tage tretender Bedarf wird in der Rektorkommission Gleichstellung diskutiert und führt ggf. zu weiteren Maßnahmen. So wurde 2016 die Promotionsabschlussförderung, die ursprünglich zur Abfederung der höheren

Abbruchquote bei Doktorandinnen und zur Erhöhung des Frauenanteils bei den Promotionen entwickelt worden war, mittlerweile auch für familiär stark eingespannte Väter zugänglich gemacht.

Halbjährliche Aufrufe zur Einreichung von Anträgen für Gleichstellungsmaßnahmen, jeweils zum 28.02. und 31.08. eines Jahres, geben im Sinne des Bottom-up-Prinzips den Rahmen, um kurzfristig auf einen neuen Bedarf reagieren zu können und innovative Projekte für die Verbesserung der Familienfreundlichkeit unserer Alma Mater Freibergensis zu fördern.

Die TU Bergakademie Freiberg familienfreundlich zu gestalten, ist ein Gemeinschaftswerk, an dem mitzuwirken alle eingeladen sind.

Quellen

- 1 Zielvereinbarung zur Erlangung des Zertifikats zum audit familiengerechte hochschule. TU Bergakademie Freiberg 14.01.2014, http://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/zielvereinbarung_tubaf_unterschieden.pdf so gesehen am 11.08.2016.
- 2 Ebenda, S. 15.
- 3 Mantl. E; Rückmeldung zum Jahresbericht Z1/1 vom 30.04.2015. [berufundfamilie Service GmbH](http://berufundfamilie-service.gmbh.de). Unveröffentlicht.
- 4 <http://www.familie-in-der-hochschule.de/charta/charta-text>, so gesehen am 11.08.2016

Eine Langzeitperspektive für eine erfolgreiche europäische Integration

Ritika Srtivastava, Sina Tajik, Jakob Sanders und Martin Gillo¹

Im Januar 2016 haben 20 Studenten aus acht Nationen an der TU Bergakademie Freiberg die Langzeitplanungsmethode der Szenario-Planung angewandt, um die Frage zu beantworten, wie die EU langfristig hohe Zuwanderung – vornehmlich aus muslimischen Ländern – erfolgreich meistern kann. Das Ergebnis dieser Analyse sind vier mögliche Szenarien und entsprechende Strategien zur Realisierung eines möglichst erfolgreichen Resultats. Die erstrebenswerteste Strategie umfasst eine Stärkung der europäischen Wirtschaft in Kombination mit der Schaffung einer klaren europäischen Identität.

Unsere Welt wächst zunehmend zusammen. Weltweit migrieren Menschen zu neuen Orten. Gründe hierfür sind die Globalisierung, aber auch die Hoffnung auf ein besseres Leben und die Flucht vor Kriegen. Durch die Konflikte im Nahen Osten erlebte die Europäische Union 2015 eine außergewöhnlich hohe Zuwanderung von Flüchtlingen. Vor diesem Hintergrund stellen sich viele Europäer die Frage: Wie

¹ alle TU Bergakademie Freiberg

kann die EU die Vorteile der Diversifizierung durch Migration bestmöglich umsetzen und dabei Sicherheit, Harmonie und Wohlstand für alle nachhaltig realisieren?

Mit dieser Frage befasste sich eine Gruppe von internationalen MBA-Studenten² der TU Bergakademie Freiberg, moderiert vom vierten Autor. Unter Zuhilfenahme der Szenario-Planungs-Methode³ wurden verschiedene mögliche Ausgänge der gesellschaftlichen Veränderungen und entsprechende Strategien für die EU entwickelt.

Aktuelle Situation

Die EU erlebte seit 2014 eine noch nie dagewesene Entwicklung. 2015 haben bis zu 1,3 Millionen Flüchtlinge, größtenteils muslimischer Herkunft, eine friedliche Zukunft in Europa gesucht.⁴ Der starke

² Siehe Namensliste am Ende des Artikels

³ Siehe vorgeschlagene Literatur zu Szenario-planungs-Methoden

⁴ Die genauen Zahlen waren im Frühling 2016 noch nicht bekannt. Die Zahl der Zuwanderer

Zustrom von Menschen hat die EU vor Herausforderungen gestellt, die zu folgenden Fragen führen:

- Wie wirkt sich die Zuwanderung langfristig auf die EU aus? (Diese Frage ist von besonderem Interesse für Länder wie Deutschland und Schweden, die einen Großteil der Flüchtlinge aufgenommen haben)
- Wie wird deren Gesellschaft durch die Zuwanderung beeinflusst?
- Mit welchen Maßnahmen lässt sich die aktuelle Situation unter Kontrolle halten und/oder lassen sich die damit aufkommenden Unsicherheiten reduzieren? Es handelt sich da um eine noch nie eingetretene Situation, sodass geeignete Lösungen zu ihrer Bewältigung erst entwickelt werden müssen. Dies dürfte auch einer der Hauptgründe für die enorme Verunsicherung der europäischen Bevölkerung sein.

im Jahr 2015 übertraf die Erfassungskapazitäten der Deutschen Behörden.

Ein neuer Ansatz mit Langzeitperspektive

Ist es möglich, über langfristige Lösungen nachzudenken, wenn nicht einmal die kurzfristigen Trends vorauszusagen sind? Können Vorhersagen für die nächsten zwei, drei oder fünf Jahre oder gar für die nächste Generation von Europäern getroffen werden? Alle diese Fragen lassen sich eindeutig mit Ja beantworten.

Der für diese Studie gewählte Ansatz des Scenario Planning (SP), also des Planens mit unterschiedlichen Zukunftsszenarien, scheint zur Beantwortung solcher gravierenden Fragen am besten geeignet. Die Methodik wurde ursprünglich von der US-Armee während des Zweiten Weltkriegs entwickelt. In der Geschäftswelt wurde sie erstmals in den 1970er-Jahren unter langjähriger Geheimhaltung von der Shell Oil Company angewendet, die sich damit einen großen Wettbewerbsvorteil verschaffte. Seit den 1990er-Jahren wird SP zunehmend in der Industrie als bevorzugtes Instrument für langfristige Planungen eingesetzt. Ein kurzer Blick auf YouTube zeigt, dass namhafte Universitäten SP im Rahmen ihres Lehrprogramms anbieten.

Wir sind uns bewusst, dass die Zukunft ungewiss ist und häufig von unseren Prognosen abweicht. SP zielt darauf ab, die Bandbreite aller möglichen Szenarien abzubilden und diese durch das Herausarbeiten von vier ausgewählten, exemplarischen Ausgängen der gesellschaftlichen Veränderungen sichtbar zu machen.

Im Januar 2016 hat ein Team von 20 MBA Studenten aus acht Nationen an der TU Bergakademie Freiberg die Methode des SP auf das beschriebene Problem angewandt. Ziel war es, unter der Annahme einer weiterhin hohen Immigration von Muslimen verschiedene Zukunftsszenarien für die Europäische Union für das Jahr 2040 zu entwickeln. Dabei sollten die Studenten die Perspektive von Beratern der Europäischen Kommission einnehmen.

In einem ersten Schritt wurden die potenziell relevanten Entwicklungen betrachtet, die sich bereits heute abzeichnen. Häufig sind die zukunftsweisenden Trends schon frühzeitig erkennbar, werden aber recht selten in ihrer Relevanz für die langfristige zukünftige Entwicklung betrachtet.

Vier Szenarien

Die Studenten identifizierten 23 verschiedene Trends, die aus ihrer Sicht für das Jahr 2040 relevant werden könnten.

Zwei dieser für möglich erachteten Entwicklungstendenzen wären besonders kritisch. Für die erste wurde eine zunehmende Islamophobie mit einhergehendem politischem Trend zur Bildung eines Kalifats in Europa prognostiziert. Die zweite Entwicklungslinie wäre geprägt von einer negativen Wirtschaftsentwicklung, gepaart mit sich ausweitenden sozialen Konflikten. Beide Trends könnten zu- oder abnehmen. Es ergibt sich eine 2x2-Matrix mit den vier folgenden Szenarien.

1) Mission Impossible: Das angenommene Worst-Case-Szenario mit hoher Islamophobie/Kalifatbildungstendenz und einer negativen Wirtschaftsentwicklung

Diese Vorhersage folgt Murphy's Gesetz: Es geht alles schief, was schiefgehen kann. Im Jahr 2040 ist die europäische Wirtschaft enorm geschwächt. Die fortschreitende politische Kalifatbildungstendenz auf der einen und Islamophobie auf der anderen Seite kulminieren in gesellschaftlichen Konflikten, gepaart mit steigenden Kriminalitätsraten. Die EU versucht mit allen verfügbaren Mitteln einen Zusammenbruch der Wirtschaft zu verhindern. Innerhalb der EU finden eine zunehmende Polarisierung und eine Nationalisierung der Mitgliedsstaaten statt, von denen bereits einige die Union verlassen haben.

2) It's a Beautiful Life – Das Leben ist schön: Ein ideales Szenario mit geringen Tendenzen zu Islamophobie und Kalifatsgesellschaft, basierend auf einer erstarkenden Wirtschaft

Dieses Szenario repräsentiert die bestmögliche Entwicklung. Im Jahr 2040 ist annähernd jeder in die europäische Gesellschaft integriert, und die Wirtschaft boomt. Neue Arbeitsplätze und ein besseres Leben für mehr und mehr Menschen sind nur einige Vorteile eines gut in sich integrierten Kontinents. Die Bürger verschiedener Religionen, Rassen und Nationalitäten haben gelernt, in Frieden und Harmonie zusammenzuleben.

3) Dancing with the Wolves – Der Tanz mit den Wölfen: Europa hat eine starke Wirtschaft in Kombination mit ausgeprägter Islamophobie und Kalifatbildungstendenz

Im Jahr 2040 gibt es nach diesem Szenario einen robusten Arbeitsmarkt und einen hohen Lebensstandard für jedermann. Trotzdem herrschen soziale Spannungen aufgrund ausgeprägter Islamophobie und fortschreitender Kalifatbildungstendenz. Der Zustrom von Migranten hat sowohl positive als auch negative Auswirkungen. Einerseits stärkt er die Wirtschaft, andererseits generiert er soziale Konflikte.

4) Sunshine and the Chaos – Sonnenschein und Chaos: Eine schwache Wirtschaft in Europa, gepaart mit zu vernachlässigender Islamophobie und Kalifatbildungstendenz

Im Jahr 2040 werden alle Glaubensrichtungen und der Atheismus in Europa respektiert. Die Schwäche der Wirtschaft provoziert jedoch gesellschaftliche Konflikte und hohe Arbeitslosigkeit, gepaart mit steigenden Kriminalitätsraten. Unter diesen Bedingungen ist der Flüchtlingsstrom eine zusätzliche Last für Wirtschaft und öffentliche Haushalte.

Strategien zur Stärkung der Europäischen Integration und Identität

Was sollte die EU tun, um die besten Langzeiteffekte der Migration unter den vier genannten Szenarien zu erzielen?

Sobald die verschiedenen Szenarien und ihre Konsequenzen zu erkennen waren, zeichnete sich für uns ab, welche Strategien die angemessensten sind und wie die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schlimmsten-Fall-Szenarios minimiert werden könnte. Auf diese Art definierten wir Studenten 18 „robuste“ Strategien, die unabhängig vom jeweils eintretenden Szenario Erfolg versprechen. Zusätzlich wurden auch Strategien entwickelt, die optimal zu verschiedenen Szenarien passen.

Die verschiedenen Strategien wurden in sechs Gruppen eingeordnet, die in der folgenden Übersicht aufgeführt sind. Die ersten beiden Gruppen wurden als besonders relevant eingestuft. Unabhängig von der sonstigen zukünftigen Entwicklung Europas sollte die weitere Stärkung der Wirtschaft im Vordergrund stehen. Wohlstand bietet die beste Grundlage für ein friedliches und konstruktives Miteinander. Wird den Menschen die Möglichkeit eröffnet, sich wirtschaftlich abzusichern und sich durch ihre Arbeit selbst zu verwirklichen, so sind sie auch offener für neue Initiativen und Ideen. Unter wirtschaftlicher Unsicherheit werden soziale Konflikte verstärkt. Angst vor Arbeitslosigkeit und sozialem Abstieg bieten den idealen Nährboden für Isolation und Abneigung gegenüber Wandel und neuen Ideen.

Die zweite Gruppe der Strategien baut auf die Stärkung des europäischen Identitätsgefühls – sowohl für die in der EU geborenen als auch für zugezogene Einwohner. Ein gemeinsames Verständnis von Europa kann durch staatliche Maßnahmen gefördert – oder durch deren Unterlassung untergraben werden.

Es folgen die abgeleiteten Strategievorschläge für die Europäische Union:

- Stärkung der europäischen Wirtschaft zur mit höherer Wahrscheinlichkeit erfolgreichen gesellschaftlichen Integration von Migranten
 - Schaffung von Hilfsprogrammen, die hochqualifizierte Immigranten bei ihrer Integration in den Arbeitsmarkt unterstützen
 - Anreize für Unternehmen: die Vielfalt in ihrer Mitarbeiter-schaft zu fördern
 - Steuererleichterungen für die verarbeitende Industrie
 - Verlängerung der Probearbeitszeit
 - temporäres Aussetzen des Mindestlohns, um die Schaffung von Arbeitsplätzen für Geringqualifizierte zu erleichtern
 - Verhindern unerwünschter Fachkräfteabwanderung durch Investitionen in Infrastruktur und Zukunftstechnologien
- Bildung zur Stärkung der europäischen Identität und Bekenntnis zu Einheit und Vielfalt
 - Entwicklung und Umsetzung eines EU-weiten Integrationsprogramms mit Fokus auf Sprache, Arbeitsmarkteintritt und kultureller Anpassung an europäische Werte
 - Förderung der Vermittlung der europäischen Grundwerte und der europäischen Identität
 - Förderung von kulturellen Veranstaltungen zur Erleichterung der sozialen Integration
 - Vermittlung von Werten wie Respekt, Toleranz und Verdeutlichung der Vorteile einer durch Vielfalt gekennzeichneten Gesellschaft
 - Förderung von Informationskampagnen über die islamische Kultur zur Stärkung der Akzeptanz von muslimischen Flüchtlingen in der EU
 - Durchsetzung des Prinzips der Gleichberechtigung von Mann und Frau, einhergehend mit einer Verschärfung von Gesetzen zum Schutz von Frauen vor sexuellen Übergriffen
- Stärkung europäischer Institutionen
 - Verwirklichung einer europäischen politischen Union mit starker Verfassung
 - Realisierung einer europäischen Fiskalunion
- Stärkung der europäischen Sicherheitskräfte
 - Verdoppelung des FRONTEX-



Das Studententeam

- Budgets zur Sicherstellung einer effizienteren Organisation der Flüchtlingsströme.
- Stärkung der Sicherheit innerhalb der EU durch die Schaffung eines einheitlichen Informationsdienstes nach dem Muster des FBI
- Nein zur Kalifatbildungstendenz
 - Verschärfung der europäischen Verfassung zur Unterbindung jedwedem Einflusses der Scharia auf europäische Gesetzgebungen
- Stärkere wirtschaftliche Zusammenarbeit mit dem Nahen Osten
 - Stärkung der Wirtschaft im Nahen Osten durch Anreize zum Ausbau der Wirtschaftsbeziehungen mit der EU

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie macht deutlich, dass die EU alles in ihrer Macht Stehende tun sollte, um das Szenario „Mission Impossible“ zu vermeiden und das Szenario „It's a beautiful life“ wahrscheinlicher zu machen. Die Studenten waren sich einig in der Auffassung, dass der Schlüssel zur Zukunft Europas in der Förderung der europäischen Identität durch Bildung und nachhaltige Stärkung der europäischen Wirtschaft liegt.

Die aus den Szenarien abgeleiteten Strategien sollen helfen, insbesondere qualifizierte Flüchtlinge rasch in den Arbeitsmarkt zu integrieren und so die europäische Wirtschaft zu stärken.

Die Förderung einer EU-spezifischen Identität ist einer der wichtigsten Schritte auf dem Weg zur Definition von europäischen Grundwerten. Aktuell gibt es mindestens 30 verschiedene europäische Identitäten. Was hält sie zusammen? Die USA definieren ihre Kultur und Identität explizit. Die Studierenden waren überzeugt, dass Europa dies auch tun sollte. Die Bildung einer starken europäischen

Identität ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer politischen Union.

Die Jugend Europas sollte unabhängig von ihrer Herkunft in die Bildung der europäischen Identität einbezogen werden. Dies ist elementar für die Vision einer attraktiven Gesellschaft für alle.

Neuankömmlinge sollten von der EU eine Hilfestellung erhalten, um die europäischen Werte zu verstehen und zu respektieren sowie die hier gewachsene Kultur, die Bräuche, Gesetze etc. schätzen zu lernen. Ihre erfolgreiche Aufnahme in die Gesellschaft hängt stark von diesen Faktoren ab. Umgekehrt wird die EU von einer interkulturellen Ausrichtung profitieren.

Jede Krise birgt Chancen und Risiken. Die Studenten waren sich einig, dass die EU mit den vorgeschlagenen Strategien ihre Risiken minimieren und die Chancen optimal nutzen kann.

Das Studententeam: Mission impossible: Ehsan Faraji, Maxim Tschulkow, Lee Meng-Chan, Ram Krishna Awasthi, Sridhar Srisuresh. **It's a beautiful life:** Yasaman Yousefi Ghasemabad, Tess von Branconi, Fatema Darbar, Anh Phuong Nguyen, Hira Javid. **Dancing with the wolves:** Rajesh Krishnamurty, Sina Tajik, Steban Mendez, Xinbiao Chen, Joseph O. Monye, Ruxing Yao. **Sunshine and the chaos:** Andres Parra Salazar, Jakob Sanders, Samineh Moghaddas, Ritika Srivastava. **Organisatorische Unterstützung:** Johannes Stephan

Vorgeschlagene Literatur:

- Bentham, Jeremy: 40 Years of Shell Scenarios. The Hague, Royal Dutch Shell, 2012. Download: <http://s05.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/corporate/corporate/downloads/pdf/shell-scenarios-40yearsbook080213.pdf>.
- Ogilvy, Jay and Schwartz, Peter: Plotting Scenarios. Emory, California: GBN Global Business Network, 2004. Download: http://www.meadowlark.co/plotting_your_scenarios.pdf.
- Wilkinson, Angela and Kupers, Roland: „Managing Uncertainty: Living in the Futures“, in Harvard Business Review, May 2013. Download: <https://hbr.org/2013/05/living-in-the-futures>.

Neues aus dem Internationalen Universitätszentrum



Ansicht des Schloßplatzquartiers von der Burgstraße aus

Das Internationale Universitätszentrum im neuen Quartier

Nach 15 Jahren in der Lessingstraße 45 ist das Internationale Universitätszentrum (IUZ) mit seinen drei Bereichen – Internationale Beziehungen, Deutsch als Fremdsprache und Fachsprachenzentrum – ins Schloßplatzquartier gezogen. Die neue Adresse lautet: Prüferstraße 2. Dabei teilen wir uns das Gebäude mit der Graduierten- und Forschungsakademie (GraFa) und dem Career Center, die die 2. Etage des Hauses bezogen haben.

Der neue Standort hat neben den ansprechenden, modernen Räumlichkeiten natürlich den Vorteil der Zentrums- und Campusnähe. Wir sind ganz einfach „näher dran“. Die Mitarbeiter des IUZ, die in der Lessingstraße recht verstreut untergebracht waren, sind nun näher aneinandergerückt; die Etagengestaltung

mit Küchentheke eröffnet hierbei völlig neue Möglichkeiten und Freiräume für ein produktives Miteinander.

Doch stellt der Umzug das IUZ und die Abteilung Stunden- und Raumplanung auch vor besondere Herausforderungen: Von den ursprünglich elf Seminarräumen sind es nunmehr nur noch vier Sprachlabore/Seminarräume, die für den Deutsch- und den Fremdsprachenunterricht zur Verfügung stehen. Das ist für die etwa 160 Lehrveranstaltungen pro Woche natürlich unzureichend. Für die Lehrkräfte bedeutet dies, täglich über den Campus zu „wandern“, zumeist gut bepackt mit CD-Playern und Büchern ...

Insgesamt fühlen wir uns jedoch im neuen Quartier sehr wohl. Vor allem die direkte Nachbarschaft zum SIZ, dem Studien-Informationszentrum im Campus Café, ist ein gewinnbringender, neuer Umstand.

Sicher gäbe es hier noch Optimierungsmöglichkeiten, aber die Betreuung des SIZ als Café setzt uns hier natürlich (u. a. räumliche) Grenzen. Dennoch haben wir in diesem Jahr erstmals in der Anreisezeit September/Oktober einen Welcome-Point für die neu ankommenden internationalen Studierenden – unmittelbar im Café – eingerichtet.

■ Ingrid Lange

Ausländische Studierende an der TU Bergakademie Freiberg – Aktuelles zu Trends, Maßnahmen und Entwicklungen

Zum Stichtag 11. Dezember 2015 waren an der TU Bergakademie Freiberg 921 ausländische Studierende immatrikuliert, das entspricht mehr als 18 % der Gesamtstudierendenzahl. Allein aus Asien kamen 547 Studierende, aus Europa 182, aus Amerika 113, aus Afrika 78, und ein Student kommt aus Australien (IMRE).

Die Top-Fünfe der Herkunftsländer sind: China (226), Brasilien (72), Indien (49), Mongolei (47), Russland (43), Vietnam (34), Ukraine (33), Iran (33), Pakistan (31), Polen (31), Syrien (20), Kamerun (17), Türkei (15), Irak (15), Ghana (12). Aus Tschechien und Bulgarien kamen jeweils nur vier und aus Ungarn nur ein Student.

Die relativ hohe Zahl brasilianischer Studierender erklärt sich aus dem von der brasilianischen Regierung geförderten Projekt „Ciência sem Fronteiras (CsF)“, mit welchem einjährige Studienaufenthalte brasilianischer Studierender an ausgewählten Universitäten in Deutschland gefördert wurden. Dieses Projekt lief im Sommer 2016 aus.



Das Team des IUZ im Innenhof des neuen Quartiers am Schloßplatz



Deutschunterricht für ausländische Studierende



Orientierungsveranstaltung für ausländische Studierende, April 2015

Die Mehrzahl der ausländischen Studierenden studiert in den derzeit sieben englischsprachigen Masterstudiengängen (insgesamt 303, darunter IMRE mit 126 ausländischen Teilnehmern). Weitere Favoriten sind Geotechnik und Bergbau (85), Maschinenbau (78) und BWL (55).

Die Betrachtung der Wahl von Studiengängen der ausländischen Studierenden zeigt auf, dass chinesische Studierende wirtschaftswissenschaftliche Richtungen bevorzugen. Die zweitgrößte Gruppe, Studierende aus Brasilien, waren bzw. sind (programmbedingt) in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen (Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Geotechnik und Bergbau) zu finden. Studierende aus Indien, Pakistan und Nigeria studieren nahezu ausschließlich IMRE, IBDEM oder Groundwater Management; Studierende aus der Mongolei, Chile und Syrien hauptsächlich Bergbau. Die relativ große Gruppe aus Polen studiert mehrheitlich in den Doppeldiplomprogrammen im Studiengang Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie.

Im Falle der anderen Herkunftsländer ist die Verteilung auf die Studiengänge der TU Bergakademie stärker diversifiziert. Die Zahl der an unserer Universität immatrikulierten ausländischen Studierenden ist in den letzten 20 Jahren stetig gestiegen, sowohl relativ als auch absolut, wie *Abb. 1* verdeutlicht.¹

Die steigende Anzahl ausländischer Bewerber und Studierender ist natürlich erfreulich und erwünscht, stellt uns aber auch vor höhere Anforderungen. Die internationalen Studierwilligen haben einen großen Informationsbedarf, bevor sie

¹ Im Artikel „Internationalisierung der TU Bergakademie“, verfasst von Prof. Dr. Carsten Drebenstedt für die *Acamonta* 2014 kann man recht ausführlich etwas zur Präsenz ausländischer Studierender an der Bergakademie seit deren Gründung nachlesen.

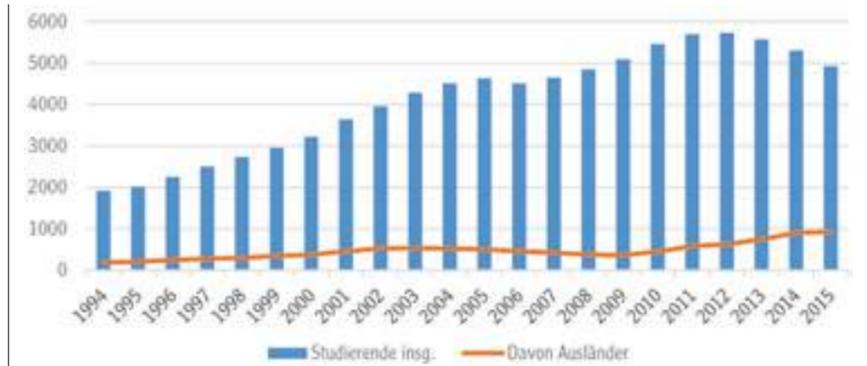


Abb. 1: Entwicklung der Studierendenzahlen



Abb. 2: Entwicklung des Anteils ausländischer Studienanfänger

sich für ein Studium an der TU Bergakademie Freiberg entscheiden. Sie richten ihre Fragen sowohl an die Koordinatoren der englischsprachigen Studiengänge als auch an uns, das IUZ. Angefangen von Fragen zur Bewerbung, zum Wohnen, zu den Kosten, zu Deutschkursen – bis hin zur Studienfinanzierung, zu Stipendien etc. Obwohl diese Informationen auf der Webseite verfügbar sind, benötigen die meisten doch ein persönliches Feedback, was ganz sicher auch im Prozess der Entscheidung für diese oder jene Universität bzw. sogar auch für dieses oder jenes Land eine wichtige Rolle spielt. Daher geht es nicht mehr nur um perfekte und attraktive Studienangebote, sondern sehr ausgeprägt auch um Service und Betreuung. Dem Kostenfaktor – keine Studiengebühr, sehr moderate Lebenshaltungskosten – kommt hier nach unserer Erfahrung eine vergleichsweise geringe Bedeutung zu. Billig muss nicht gut sein, Gutes ist teuer – so die auch im Bildungssektor verbreitete Meinung. Die Familien der internationalen Studenten bzw. auch diese selbst kommen zu uns häufig aus Ländern, in denen es selbstverständlich ist, für die Ausbildung hohe Investitionen tätigen zu müssen. Einmal angekommen, beginnt die nächste Phase einer intensiven Betreuung

unmittelbar vor Studienbeginn. Der Anteil von Studienanfängern aus dem Ausland weist eine steigende Tendenz auf. Im Wintersemester 2015/16 haben 287 Studienanfänger aus dem Ausland ihre Ausbildung bei uns begonnen, das entspricht 20,5 % aller Studienanfänger:

- 48 in Bachelor- oder Diplomstudiengängen
- 110 in einem Masterstudiengang (darunter 78 in einem internationalen englischsprachigen Studiengang)
- 52 Austauschstudenten bzw. Studierende, die bei uns keinen Abschluss erwerben möchten (beispielsweise im Rahmen von Erasmus oder speziellen Projekten, wie dem bereits erwähnten Brasilienprojekt)
- 24 Promotionsstudenten
- 53 Studierende, die zunächst einen studienvorbereitenden Deutschkurs am IUZ begonnen haben²

² Ein Großteil der ausländischen Studierenden, die für einen deutschsprachigen Studiengang zugelassen sind, muss zunächst einen Deutschkurs über ein oder zwei Semester absolvieren und die Sprachprüfung DSH (2) ablegen, falls diese Qualifikation nicht bereits anderweitig erworben wurde. Im Studienjahr 2015/16 nahmen an diesen studienvorbereitenden Intensiv-Deutschkursen 159 Studierende teil.

Das IUZ hat für ausländische Studienanfänger ein umfangreiches Service- und Betreuungsangebot entwickelt. Dazu gehören u. a. ein engmaschiges Mentorenprogramm (zur Begleitung der neu angereisten Studierenden bei ihren ersten Schritten im fremden Land), studienbegleitende Deutschkurse auf verschiedenen Niveaustufen, Unterstützung bei der Wohnungssuche sowie Orientierungsveranstaltungen in deutscher und englischer Sprache. Hier erfahren die Neulinge etwas über die Studienorganisation, die Bibliotheksbenutzung, die Arbeit mit OPAL, Service- und Deutschkursangebote, Sprachtandems und vieles andere mehr, was ihnen einen reibungslosen Start ihres Studiums ermöglichen soll.

Am IUZ sind in die umfangreichen Betreuungsleistungen Manuela Junghans und Torsten Mayer (letzterer hauptsächlich für Austauschstudierende) sowie Haina Chen-Konietzky (für chinesische Studierende) involviert. Die Realisierung des Betreuungsangebots wäre jedoch ohne die zahlreichen studentischen Hilfskräfte (derzeit 20) sowie ohne die unzähligen ehrenamtlichen Mentoren nicht möglich.

Eine gute Betreuung endet jedoch nicht, wenn „die Kinder aus dem Haus sind“, sprich mit der Beendigung des Studienaufenthalts in Freiberg; es gehört auch die Pflege der Kontakte zu den Alumni dazu. Hier freuen wir uns über die seit einigen Jahren über den Verein der Freunde und Förderer der TU tätigen Alumnikordinatorinnen, die eine sehr engagierte und kreative Arbeit leisten und unsere Bemühungen wunderbar ergänzen.

Zwar ist eine demografisch fundierte Prognose stets von zahlreichen Unwägbarkeiten gekennzeichnet; dennoch sieht der Hochschulentwicklungsplan des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst eine Verringerung der Studierendenzahl in Sachsen nach dem Auslaufen des Hochschulpakts 2020 auf 95.000 pro Jahr vor (derzeit ca. 106.000). Die Studierendenzahl an der TU Bergakademie soll sich bis zum Jahr 2024 bei ca. 4.600 einpendeln (Stand per Dezember 2015: 4927). Unter diesen Voraussetzungen muss Studentenwerbung im Ausland sehr gezielt und effektiv erfolgen und unsere strategischen Zielsetzungen wie auch eine betont qualitätsorientierte Auswahl stärker in den Blick nehmen. Dieser Herausforderung wird sich das IUZ gemeinsam mit den Fakultäten in den kommenden Jahren stellen.

■ Ingrid Lange

Der Verein Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg unterstützt internationale Studierende – Porträt einer Stipendiatin



Eucharía Onuoha aus Nigeria am Schloßplatz 1 (Gebäude der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften)

Seit mehr als zehn Jahren unterstützt der Verein Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg unsere internationalen Studierenden durch Teilstipendien. Der Verein stellt dafür jährlich ein Summe von 3000 € zur Verfügung. Dieser Betrag wird durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) aus Mitteln des Auswärtigen Amtes um den gleichen Betrag aufgestockt. Die Stipendien werden zweimal jährlich durch das Internationale Universitätszentrum (IUZ) an internationale Studierende vergeben. Neben Studienabschlussbeihilfen, die Studierende in der Abschlussphase ihres Studiums unterstützen, werden „Stipendien für besonders engagierte internationale Studierende“ vergeben. Letztere würdigen deren Engagement, beispielsweise bei der ehrenamtlichen Betreuung von Kommilitonen aus dem Ausland, für Dolmetscherdienste oder für die Organisation von Veranstaltungen mit internationalem Bezug. Solcherlei Engagement trägt einerseits dazu bei, dass die Studierenden sich deutlich schneller integrieren und sich bei uns wohlfühlen, andererseits unterstützt es nicht unwesentlich ein gelingendes internationales Miteinander und ist uns folglich besonders wichtig. Wir möchten die Förderinitiative des Vereins Freunde und Förderer unserer Universität an dieser Stelle würdigen und uns im Namen aller bisherigen ca. 60 Stipendiatinnen und Stipendiaten recht herzlich bedanken.

Eine Stipendiatin wollen wir an dieser Stelle vorstellen: Eucharía Onuoha aus

Nigeria. Sie studiert derzeit im Masterstudiengang Betriebswirtschaftslehre. Bevor sie nach Freiberg kam, besuchte sie das Studienkolleg Sachsen-Anhalt in Halle zur Vorbereitung auf ein Studium in Deutschland und absolvierte anschließend ein Bachelorstudium in Betriebswirtschaftslehre an der Martin-Luther-Universität Halle. Folgendes Interview haben wir mit ihr geführt:

Frau Onuoha, Sie haben das Stipendium für Ihr Engagement erhalten. Wo und wofür engagieren Sie sich an der TU Bergakademie Freiberg?

Ich habe mich am IUZ als Mentorin für Studierende aus Mosambik engagiert, die auf Grundlage einer Vereinbarung zwischen der TU Bergakademie Freiberg und dem mosambikanischen Bergbau-Ministerium in Freiberg studieren. Daneben betreue ich ausländische Studierende, die vor Beginn des Fachstudiums in deutscher Sprache einen Deutschintensivkurs am IUZ absolvieren müssen. Ich habe diese Kommilitonen vor allem bei den Behörden-gängen zu Studienbeginn, nämlich bei der Eröffnung eines Bankkontos, bei Immatrikulationsformalitäten und bei der Beantragung eines Aufenthaltstitels bei der Ausländerbehörde unterstützt. Bei einem Stadtrundgang zeigte ich ihnen Freiberg. Für die meisten Neuankömmlinge aus dem Ausland sind Einkaufsmöglichkeiten für Lebensmittel und preiswerte Kleidung von größtem Interesse. Ich half bei Fragen zum Stundenplan und zu den Hörsälen bzw. Seminarräumen. Ein wichtiger Beitrag

meinerseits war auch, sie zu motivieren. Aus meiner eigenen Erfahrung als Studentin, die selber ihre Studienvorbereitung in Deutschland durchlaufen hat, halte ich mich für ein gutes Beispiel dafür, dass man als ausländischer Student erfolgreich hier studieren kann. Zusätzlich engagiere ich mich im Network of Africans, Freiberg, und habe mich an der Organisation der „African Week“ im Juni beteiligt.

Warum ist Ihnen das Engagement wichtig?

Aus meiner eigenen Erfahrung kann ich sagen, dass man als ausländischer Student vor allem am Anfang Hilfe benötigt. Da ich die anfänglichen Probleme selbst erfahren musste, ist es mir heute ein Bedürfnis, anderen dabei zu helfen, diese zu meistern. Außerdem lernt man neue Leute und Kulturen kennen und kann seine sozialen und interkulturellen Kompetenzen erweitern.

Um genauer zu sein, bedeutet dies, wie ich oben bereits erwähnte: Die Studenten benötigen auch Motivation, um richtig in das Studium einzusteigen. Als ich nach Deutschland kam, konnte ich mir nicht vorstellen, dass ich irgendwann die deutsche Sprache so gut sprechen, lesen und verstehen werde. Ich bin meinen Lehrern am Studienkolleg noch immer sehr dankbar dafür, dass sie zu mir sagten: „Du bist ein fleißiger Mensch, du wirst es schaffen.“ Einige benötigen solchen Zuspruch, um im fremden Land die anfänglichen Schwierigkeiten zu überwinden.

Berichten Sie doch einmal aus Ihrer Erfahrung. – Was kann zu Studienbeginn in Deutschland alles schiefgehen?

Da wäre zunächst die Ausländerbehörde, die mich wegen Verständigungsproblemen zunächst wieder weggeschickt hat. Ich musste einen Übersetzer finden und wiederkommen.

Während meines Bachelorstudiums habe ich eine Prüfung verpasst, weil ich den Raum etwa 90 Minuten lang suchen musste. Ich bin 15 Minuten nach Beginn der Prüfung dort gewesen und wurde nicht mehr zugelassen. Hätte ich einen Mentor gehabt, hätte ich ihn angerufen und wäre vermutlich rechtzeitig zu der Prüfung erschienen.

Es gab es zahlreiche Tücken des Alltags. Einige können zu einer finanziellen Belastung werden, andere werden die meisten Deutschen zum Schmunzeln bringen. So weiß jeder Einheimische in Deutschland, dass viele Handy-Verträge über zwei Jahre abgeschlossen werden. Ein

Neuankömmling kann das jedoch leicht übersehen. Ich hätte für mich selbst kein Katzenfutter eingekauft, wenn mir jemand gesagt hätte, dass man in Deutschland im Supermarkt nicht nur Lebensmittel für Menschen, sondern auch für Tiere kaufen kann. Meine Freundin hätte sich kein Duschcremebad gekauft, weil sie glaubte, es handle sich um Körpercreme. Sie bekam daraufhin sogar Hautprobleme und musste ins Krankenhaus gehen, wo man ihr mitteilte, dass sie gesund sei.

Ich bin sehr dankbar für solche Programme, wie beispielsweise das Mentorenprogramm des IUZ. Ich hätte mir zu Beginn meines Aufenthalts in Deutschland solch eine Unterstützung gewünscht.

Welche Tipps haben Sie für einen erfolgreichen Studienabschluss in Freiberg?

Ich sage immer, Spaß und Erfolg muss man trennen. Natürlich darf man Spaß haben, aber wer mehr Zeit in den Spaß investiert, sollte auch nicht so viel erwarten. Ich würde Studenten empfehlen – vor allem denjenigen, die nicht Muttersprachler sind – sich rechtzeitig mit dem Vorlesungsstoff zu beschäftigen. Man gewinnt damit Sicherheit, Vertrauen und vermeidet Nervosität, wenn sich die Prüfungszeit nähert. Man sollte fest an sich selbst glauben. Mein Motto lautet „Ich weiß selbst am besten, was ich will“. Es hilft mir, Angst zu überwinden.

Wofür haben Sie das Stipendium genutzt?

Als ich das Stipendium erhalten habe, stand ich vor der Entscheidung, ob ich meine Seminararbeit jetzt schreiben oder doch verschiebe und in den Weihnachtsferien arbeiten gehe. Die Seminararbeit ist eine Voraussetzung, um die Masterarbeit schreiben zu können. Dank des Stipendiums konnte ich die Seminararbeit erfolgreich abschließen und habe so wertvolle Zeit gespart.

An dieser Stelle möchte ich dem Verein Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg ganz herzlich dafür danken!

Welche Pläne haben Sie nach dem Abschluss Ihres Studiums in Freiberg?

Da sich theoretische und praktische Erfahrungen z. T. stark unterscheiden, habe ich vor, nach dem Studium erst einmal praktische Erfahrungen zu sammeln. In fernerer Zukunft möchte ich mich gern selbstständig machen – auf welchem Gebiet genau, habe ich noch nicht entschieden.

■ Das Interview führte Manuela Junghans (IUZ)

Das IUZ-Projekt „Internationale Studenten in Schulen“

Viele der rund 900 an der TU Bergakademie Freiberg eingeschriebenen Studenten aus dem Ausland möchten auf vielfältige Weise mit Deutschland, mit der hiesigen Bevölkerung und Kultur in Kontakt treten. Das am Internationalen Universitätszentrum angesiedelte Projekt „Internationale Studenten in Schulen“ bietet ihnen dazu Gelegenheit. Es bringt internationale Studenten und Doktoranden mit Vorschulkindern, Schülern und Gymnasiasten zusammen.

An den Schulen stellen die Studenten sich selbst und ihre Heimatländer vor und berichten vom dortigen Leben und Alltag, vom Essen, von Tänzen, Mythen und Festen. Soweit vorhanden, tragen oder zeigen sie landestypische Kleidung und Kunstgegenstände. Die Studenten und Doktoranden vermitteln Wissen über ferne Länder aus erster Hand und können über manches berichten, was nicht in Lehrbüchern zu finden ist. Die Schüler erhalten somit wertvolle Einblicke in andere Kulturen.

Torsten Mayer, Mitarbeiter am IUZ, leitet das Projekt seit September 2014. Gemeinsam mit der studentischen Hilfskraft Lisa Hauler bereitet er die Besuche vor.

Das Ziel ist es, bei den Schülern das Interesse für andere Länder und Lebensweisen zu wecken bzw. zu verstärken und – eventuell vorhandene – Vorurteile und Scheu vor den vermeintlich Fremden ein Stück weit abzubauen. Damit die Vorträge der Studenten möglichst interessant sind, werden sie im Vorfeld am IUZ in kleinen Gruppen besprochen. Jeder äußert seine Eindrücke, Bedenken und Verbesserungsvorschläge, und der Vortragende setzt diese um.

Der Besuch von internationalen Studenten muss sich keinesfalls auf einen Vortrag beschränken. Im Rahmen des Projekts werden auch landestypische Speisen gemeinsam in der Schulküche gekocht sowie Tänze eingeübt. Herausragendes Beispiel hierfür ist der Tanzunterricht des indonesischen Masterstudenten Nazaruddin Raja, den dieser von Mai bis Dezember 2011 an der Grundschule Georgius Agricola Freiberg gab.

Neben grundlegenden Informationen über das jeweilige Land wird bei den Vorträgen Wert auf lehrreiche Geschichten, Abwechslung und aussagekräftiges Bildmaterial gelegt. Meist sind alle diese Qualitätsmerkmale erfüllt. Immerhin geht es um die Heimatländer der Vortragenden,



Guangzhe Zhang verglich in seinem Vortrag vor Gymnasiasten auf humorvolle Weise die deutsche und die chinesische Kultur miteinander – nicht gänzlich frei von Klischees, dafür aber umso unterhaltsamer

über die sie gern und mit Stolz berichten. Bisher haben Studierende aus Ägypten, Algerien, Australien, Brasilien, China, Elfenbeinküste, Frankreich, Ghana, Großbritannien, Indien, Indonesien, Island, Kamerun, Kenia, Kolumbien, Mexiko, der Mongolei, Norwegen, Pakistan, Palästina, Polen, Russland, Spanien, dem Sudan, Syrien, Tschechien, der Türkei, der Ukraine, Ungarn und den USA am Projekt teilgenommen.

Ausgezeichnet mit dem Sächsischen Integrationspreis

Im November 2010 wurde das Projekt mit dem Sächsischen Integrationspreis ausgezeichnet. Gelobt wurde dabei die Zielstellung, bei deutschen Jugendlichen Interesse an Menschen aus anderen

Kulturkreisen zu wecken und Verständnis für die Besonderheiten ihrer mitunter andersartigen Lebensweise zu entwickeln. Der persönliche Kontakt hilft, Gemeinsamkeiten zu erkennen, Vorurteile abzubauen und das Gefühl der Fremdheit zu überwinden. Außerdem hilft das Projekt bei der Integration von internationalen Studenten in Deutschland.

Nachgefragt für Schul-Projekttag

Besonders für Projekttag an Gymnasien werden die internationalen Studenten angefragt. So berichteten die Studentin Regina Babaeva aus Dagestan und der Doktorand Guangzhe Zhang aus China am 5. Februar 2016 am Geschwister-Scholl-Gymnasium in Nossen vor etwa 45 Schülern im Rahmen eines Projekttags

über ihre Heimatländer. Fünf Studenten und Doktoranden aus der Ukraine, dem Sudan, Pakistan und Algerien stellten am 9. Juni 2016 beim „Tag der Sprachen“ am Geschwister-Scholl-Gymnasium in Nossen vor 40 Schülerinnen und Schülern ihre Heimatländer vor. Erstmals präsentierten die Teilnehmer den Klang ihrer Muttersprachen: Sie trugen kurze Geschichten vor, deren Inhalt sie anschließend auf Deutsch oder Englisch wiedergaben. Die Reaktionen auf diesen gelungenen Einsatz könnten besser nicht sein: Für den kommenden „Tag der Sprachen“ im Jahr 2017 wurde das Projekt bereits gebucht. Dann, so wurde in Aussicht gestellt, werden Schüler die internationalen Studenten im Gegenzug durch ihre Stadt führen.

■ Torsten Mayer



Die Studenten Dewika Rao (vorn) und Anurag Negi aus Indien tanzten beim Sommerfest der Kindertagesstätte „Villa Kunterbunt“



Zu Beginn eines Semesters veranstaltet das Internationale Universitätszentrum für alle neuen internationalen Studenten aus dem Ausland die Orientierungstage – dabei zeigen ihnen studentische Hilfskräfte die wichtigen Anlaufstellen in Freiberg

Supranationale und nationale Institutionen der Regulierung von Finanzintermediären

Konferenz im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen den Finanzierungslehrstühlen der Staatlichen Universität Sumy und der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

Larysa Sysoyeva¹, Andreas Horsch²

Auftakt

Im April 2016 fand in Freiberg eine Konferenz über „(Supra)National institutions of financial regulation“ statt. Das Gros der Referenten und Teilnehmer stellte zum einen die hiesige wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, zum anderen die der Staatlichen Universität im ukrainischen Sumy. Hiermit wurde eine internationale Zusammenarbeit fortgesetzt, die ihren Anfang mit einem Beitrag des Freiburger Finanzierungslehrstuhls über „The impact of state guarantees on banks' ratings and risk behaviour“³ zur Konferenz „International Competition in Banking: Theory and Practice“ in Sumy im Mai 2014⁴ genommen hatte. Punktuelle Fortsetzungen folgten 2014/15 zunächst im Rahmen kurzer Gastaufenthalte von Vertretern der Sumyer Bankakademie der Ukrainischen Zentralbank oder durch andere Referenten der Konferenz in Freiberg.

Institutionalisierung

Bereits im Juli 2014 hatten die federführenden Beteiligten beider Partnerinstitutionen entschieden, die Kooperation möglichst bald zu einem konkreten Thema zu intensivieren und hierfür eine Förderung durch hochschulexterne Mittelgeber einzuwerben. Das Thema sollte möglichst eng mit dem institutionellen Wandel in der Ukraine verbunden sein, denn für die weitere Entwicklung der dortigen Demokratie und Marktwirtschaft – und damit für die innere Stabilität des Landes ebenso wie für dessen weiteren Weg in der Staatengemeinschaft – wird ein funktionierendes institutionelles Gefüge eine entscheidende Rolle spielen. Eine aus ukrainischer Sicht besonders wichtige Teilgruppe besagter Staatengemeinschaft ist die Europäische



Empfang der Sumyer Gäste im SIZ

Union, mit der seit März 2014 ein Assoziierungsabkommen besteht, das über die „politische Assoziation und die wirtschaftliche Integration zwischen der Ukraine und der Europäischen Union“ auf das Fernziel einer ukrainischen EU-Mitgliedschaft gerichtet ist. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage der Kompatibilität ukrainischer und europäischer Regelsysteme zentrale Bedeutung, wobei das Abkommen den ukrainischen „Fortschritten bei der Annäherung an die EU im politischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Bereich“ zentrale Bedeutung beimisst.⁵ Tatsächlich haben entsprechende Übergangs-/Anpassungsprozesse bereits begonnen, doch steckt der so angestoßene institutionelle Wandel noch in den Anfängen. Es handelt sich hierbei um Prozesse der europäischen Integration in allen Sektoren der ukrainischen Wirtschaft, von denen die Projektpartner den Finanzsektor aufgrund von dessen zentraler Bedeutung ausgewählt haben: Nicht erst die Krisenprozesse auf den Finanzmärkten, die 2007 mit der Subprime-Krise ihren Anfang nahmen, haben die elementare Rolle des Finanzsystems für den Wohlstand der Nationen im Sinne Adam Smiths deutlich gemacht.⁶ „Die Rolle von Banken und zivilgesellschaft-

lichen Akteuren“ war und ist zudem unverändert deswegen hochaktuell, weil die (finanz-)krisenbedingten Belastungen im ukrainischen Bankensystem bis zuletzt sehr hoch geblieben sind.⁷ Bis dato sind die sozialen und wirtschaftlichen Folgen der Bankenkrise in der Ukraine erheblich und teilweise unabsehbar; zudem zeichnen sich neue (vor allem: politische) Risiken bereits ab. Nicht nur mit Blick auf die langfristigen Ziele der Assoziation/Integration, sondern auch zur kurz- und mittelfristigen Bewältigung der Auswirkungen der Krise ist staatliches Handeln (im Sinne von *standard setting* und zuweilen auch von *intervention*) in bislang ungekanntem Ausmaß notwendig.

Ukraine-Programm des DAAD

Angesichts der anvisierten Intensität der Forschungsk Kooperation war von Anfang an vorgesehen, die Unterstützung externer Mittelgeber einzuwerben. Dies gelang 2015, als die gemeinsamen Forschungsarbeiten zur Interaktion von „Banken und zivilgesellschaftlichen Akteuren zur Entwicklung der Demokratie in der Ukraine“ in das DAAD-Programm „Unterstützung der Demokratie in der Ukraine“ aufgenommen wurden. Das gemeinsame Projekt umfasst drei Hauptveranstaltungen:

1 Staatliche Universität Sumy, Lehrstuhl für Finanzen, Bankwesen und Versicherungen.
2 TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre mit dem Schwerpunkt Investition und Finanzierung.
3 Vgl. Kleinow/Horsch, 2014.
4 Vgl. http://www.virtusinterpress.org/IMG/pdf/Program_Sumy_2014.pdf.

5 Zitate entnommen aus dem Assoziierungsabkommen, 2014, S. 4.
6 Vgl. exemplarisch betitelt den Band von Kolb, 2011.
7 Vgl. etwa Goczek/Malyarenko, 2015.

- die erste Konferenz zur Finanzmarktregulierung in Freiberg (April 2016),
- einen einmonatigen Forschungsaufenthalt zweier ukrainischer Forscher (Postdoc/Assistant Professor) in Freiberg (Juni 2016) und
- eine zweite Konferenz zur Finanzmarktregulierung in Sumy (Oktober 2016).

Die Auftaktveranstaltung fand im April 2016 an der TU Bergakademie Freiberg statt: Vom 18. bis 22. April 2016 besuchte eine Delegation ukrainischer Professoren, Doktoranden und Studierender unter Leitung von Prof. Tetiana Vasylieva und Ass. Prof. Larysa Sysoyeva vom Lehrstuhl für Bankwesen der Staatlichen Universität Sumy die Bergakademie, um grundlegende Fragen der Finanzmarktregulierung in marktwirtschaftlichen/demokratischen Systemen mit Freiburger Forschenden und Studierenden zu diskutieren.

Zum wissenschaftlichen Vortragsprogramm über supranationale und nationale Institutionen zur Regulierung von Finanzintermediären trugen neben den Projektpartnern auch weitere Mitglieder der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät Freibergs sowie Professoren der Universitäten Greifswald (D) und Bournemouth (UK) bei.

Regulierungsprinzipien

Nach Grußworten des Rektors der Bergakademie, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, des Dekans der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät Freibergs, Prof. Dr. Carsten Felden, sowie von Prof. Dr. Vasylieva begann der öffentliche Teil des Fachprogramms am ersten Konferenztag (19. April) mit einem Vortrag von Prof. Dr. Jan Körnert, Lehrstuhl für ABWL und Internationales Finanzmanagement/Internationale Kapitalmärkte, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, über die Transformation der nationalen Bankensysteme der baltischen Staaten (unter besonderer Beachtung ausländischer Einflüsse) – sowie die aus ukrainischer Sicht daraus zu ziehenden Lehren.⁸ Im Anschluss referierte Prof. Dr. Dirk Rübhelke, Inhaber der Professur für Allgemeine VWL, insbesondere Rohstoffökonomik, an der hiesigen Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, über die Möglichkeiten und Grenzen der Bereitstellung öffentlicher Güter – zu denen auch Finanzmarktstabilität zu zählen ist – durch Nichtregulierungsinstitutionen.⁹

8 Vgl. ausführlich zuletzt Körnert, 2016.

9 Vgl. ausführlich Buchholz/Falkinger/Rübhelke, 2014.



Auftakt im SIZ

Den Abschluss des Auftaktteils bildete ein Vortrag zu Grundprinzipien von Regelsystemen der Bankenregulierung in Marktwirtschaften/Demokratien, der von Prof. Dr. Andreas Horsch, Inhaber der Freiburger Professur für ABWL mit dem Schwerpunkt Investition & Finanzierung, gehalten wurde. Hieran knüpfte Dr. Jacob Kleinow, wissenschaftlicher Mitarbeiter am vorgenannten Lehrstuhl, mit seinem Referat zu aktuellen Herausforderungen der Finanzmarktaufsicht und -regulierung in der Europäischen Union unmittelbar an – wobei deutlich wurde, dass deren als Benchmark begriffenes Regulierungsgefüge durchaus nicht störungsfrei funktioniert und stellenweise zu sehr auf die immer gleichen Konstruktionsprinzipien (*buffer on a buffer*) vertraut. Eine Art Gegenentwurf hierzu bildete ein Papier von Dr. Dmitry Riabichenko, International Center for Banking & Corporate Governance der Ukrainian Academy of Banking, das Wechselwirkungen zwischen Eigentümerstrukturen bzw. Haftkapitalausstattungen und dahingehenden bankaufsichtlichen Normen in der ukrainischen Kreditwirtschaft thematisierte. Mit Hilfe von sog. Kohonen-Maps gelang ihm die Identifizierung verschiedener Muster, denen durchaus krisenverschärfendes Potenzial zugewiesen werden kann.¹⁰ Beschlossen wurde der erste Konferenztag durch das Referat von Prof. Dr. Jens Hölscher, Leiter der Abteilung Accounting, Finance & Economics an der Bournemouth University, über das Zusammenspiel von Marktwirtschaft und Demokratie, in dessen Rahmen sich insbesondere die Unterschiede – zwischen Lehrbuchdefinition/Theorie einerseits und gelebter Praxis beider Konstrukte andererseits – verdeutlichen ließen. Genauer untersucht wurde dies anhand

10 Vgl. ausführlicher Riabichenko, 2015, S. 125ff.

des institutionellen Designs der EU und vor allem der europäischen Zentralbank.¹¹

Institutioneller Wandel

Zur Eröffnung des zweiten Tages setzte Andreas Horsch sein Grundlagenreferat mit Teil II über die Evolution von Organisationen der Bankenregulierung fort, wobei er besonders die sich öffnende Schere zwischen Verantwortung/Zuständigkeit einerseits und Ressourcenausstattung/Budgets andererseits thematisierte. Hieran knüpfte Dr. Anna Buriak vom Banking Department der Ukrainian Academy of Banking an, die eine Strategie für eine künftige ukrainische Finanzmarktregulierung entwarf, die sie nicht auf Regulierungsziele wie Systemstabilität und Anlegerschutz beschränkte, sondern auf das virulente Problem der nötigen Ausstattung von Aufsichtsorganisationen mit finanziellen, personellen und weiteren Ressourcen erstreckte.¹²

Ass. Prof. Larysa Sysoyeva zeigte anschließend anhand der Situation in der Ukraine, dass die Regulierung und die Überwachung der Banken nicht ausreicht, um Finanzstabilität in gesamtwirtschaftlicher Perspektive zu gewährleisten. Da die Stabilität des Bankensystems eine zentrale Rolle für die realwirtschaftliche Entwicklung in der Ukraine und damit für Wachstum und Wohlstand spielt, seien daher fortgesetzte Anstrengungen zur Modernisierung der institutionellen Rahmenbedingungen einschließlich der Einlagensicherung unerlässlich.¹³ Zum Abschluss des öffentlichen Konferenzteils widmete sich Prof. Dr. Johannes Stephan, Professur für Internationale Ressourcenpolitik und Entwicklungsökonomik an der Freiburger

11 Vgl. ausführlicher Hölscher/Tomann, 2016.

12 Vgl. ausführlicher Sysoyeva/Buriak, 2014.

13 Vgl. ausführlicher Strassberger/Sysoyeva, 2015.



Besuch bei der Deutschen Bundesbank in Leipzig

Wirtschaftsfakultät, Problemen institutioneller Transfers, die er am Fallbeispiel supranationaler Institutionen verdeutlichte. Neben Transaktionskosten ließen sich Wissensunterschiede, Rechtsunsicherheiten sowie generell unterschiedliche Ziel- und Wertvorstellungen als die wichtigsten Transferhindernisse ausmachen. Vor allem wurde hinterfragt, ob und unter welchen Anpassungen existierende Institutionen aus einem Wirtschaftsraum in einen anderen transferiert werden und dort zu effizient funktionierenden Institutionen führen können.¹⁴

Weiteres Konferenzprogramm

Der zweite Konferenztag fand seine Fortsetzung im Rahmen einer Exkursion zur Deutschen Bundesbank, genauer, ihrer Hauptverwaltung für Sachsen und Thüringen in Leipzig, mit einem Vortrag von Markus Altmann, Mitglied des Stabs des Präsidenten, über die Zuständigkeiten der Deutschen Bundesbank im Bereich der Bankenaufsicht.

Der dritte Konferenztag war nicht-öffentlichen Referaten und Workshops vorbehalten. Vorgestellt wurden aus dem Kreis der ukrainischen Gäste Projekte zur Korruptionsforschung (D. Latynin), zum parallelen Handeln politischer und zivilgesellschaftlicher Akteure (V. Litvinenko) sowie zur Transparenz des ukrainischen Bankensystems (A. Vasylichuk, I. Koshlata). Methodische (und soziale) Kompetenzen standen schließlich im Mittelpunkt einer Präsentation samt anschließendem Experiment zum Teambuilding von MMag Christof Morscher, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Freiburger Finanzierungslehrstuhl.

Abgerundet wurde das wissenschaftliche Programm durch ausgewählte

14 Vgl. ausführlicher Kronthaler/Stephan, 2007.

Führungen, insbesondere durch die terra mineralia sowie die Freiburger und die Dresdner Altstadt.

Fortsetzung

Dank des wissenschaftlichen Workshops in Freiberg hat die Diskussion über die Angemessenheit der bankaufsichtlichen Vorschriften und Organisationen für die Stabilität des ukrainischen Finanzsystems wichtige Impulse erhalten. Gleichzeitig wurde auf diese Weise eine solide thematische Basis gelegt für den vierwöchigen Forschungsaufenthalt von Ass. Prof. Larysa Sysoyeva und Dr. Sergey Bogma im Juni 2016. In dieser Zeit widmeten sich beide gemeinsam mit dem Team des Freiburger Finanzierungslehrstuhls intensiv der Nachbereitung der Auftaktkonferenz sowie der Vorbereitung der Oktober-Konferenz, vor allem aber der Erarbeitung gemeinsamer Publikationsthemen, wovon eine vergleichende Analyse ausgewählter Einlagensicherungssysteme in Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion bis dato am weitesten gediehen ist.¹⁵ Im Oktober 2016 besuchten Freiburger Studierende und Wissenschaftler die Partneruniversität in Sumy für einen zweiten Workshop, auf dem die adressierten Themen der Bankenregulierung vertieft werden sollten. Der Zyklus der gemeinsamen Aktivitäten im Rahmen der DAAD-Förderung soll im Anschluss durch Publikation einer ausführlichen Dokumentation abgerundet werden.

Ausblick

Die Verf. dieses Beitrags, die gleichzeitig die Koordination des Projekts aufseiten der Staatlichen Universität Sumy bzw. der TU Bergakademie Freiberg verantworten, stimmen allerdings darin überein, dass

15 Vgl. Sysoyeva/Bogma/Horsch, 2016.

mit der Tagungsdokumentation nur eine Etappe der Kooperation abgeschlossen wird. Im Anschluss soll das insoweit etablierte Zusammenwirken der beiden Institutionen systematisch fortgesetzt werden. Für den wissenschaftlichen Austausch sowie daraus resultierende Publikationen halten die Finanzmärkte – auch abseits von Krisen – ein unerschöpfliches Reservoir an ebenso interessanten wie relevanten Themen bereit. Dies gilt in besonderem Maße für die Evolution von Regeln und Organisationen zur Regulierung von Finanzintermediären: Sowohl die staatlich verordnete Regulierung (wie bspw. die Banken- oder Versicherungsaufsicht) als auch die Selbstregulierung (wie bspw. zu Teilen der Einlagensicherung) werden daher Gegenstand vergleichender, vor allem aber kritischer Analysen im Rahmen dieser Zusammenarbeit sein.

Quellenverzeichnis

- Assoziierungsabkommen zwischen der Europäischen Union und ihren Mitgliedstaaten einerseits und der Ukraine andererseits, in: Amtsblatt der Europäischen Union, 57. Jg., 2014, 29. Mai 2014, L161, S. 3–2137.
- Buchholz, W./Falkinger, J./Rübhelke, D. (2014): Non-Governmental Public Norm Enforcement in Large Societies as a Two-Stage Game of Voluntary Public Good Provision, in: Journal of Public Economic Theory, Vol. 16, S. 899–916.
- Goczek, Ł./Malyarenko, N. (2015): Loan loss provisions during the financial crisis in Ukraine, in: Post-Communist Economies, Vol. 27, No. 4, S. 472–496.
- Hölscher, J./Tomann, H. (2016): Das institutionelle Design der EU nach der Finanzkrise, in: Wirtschaftsdienst – Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 96. Jg., Nr. 6, S. 389–396.
- Kleinow, J./Horsch, A. (2014): The impact of state guarantees on banks' ratings and risk behaviour, in: Journal of Governance & Regulation, Vol. 3, No. 1, S. 42–57.
- Kolb, R. W. (ed., 2011): Financial Contagion – The Viral Threat to the Wealth of Nations, Hoboken NJ (Wiley).
- Körnert, J. (2016): Entwicklungen im Bankensystem Estlands seit 1990, in: ÖBA – Bank-Archiv, 64. Jg., Nr. 3, S. 180–190.
- Kronthaler, F./Stephan, J. (2007): Factors Accounting for the Enactment of a Competition Law – an Empirical Analysis, in: Antitrust Bulletin, Vol. 52, No. 2, S. 137–168.
- Riabichenko, D. (2015): Building a bank liquidity management system with reference to the stakeholders' interests and influence, Sumy (UAB NBU University Press).
- Strassberger, M./Sysoyeva, L. (2015): The Institutional Developments of the European Banking Supervision, in: European Journal of Economics and Management Sciences, No. 3, S. 42–46.
- Sysoyeva, L./Buriak, A. (2014): Development prerequisites for the regulatory approaches of the systemic risk regulation in finances, in: Economic Annals-XXI, Vol. 19, No. 1/2(2), S. 20–23.
- Sysoyeva, L./Bogma, S./Horsch, A.: Vergleichende Analyse von Einlagensicherungssystemen in Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion, Working Paper, Freiberg/Sumy, mimeo.

Exzellente Bedingungen für die Rohstoffforschung in Freiberg

Anja Weigl¹

Vor fünf Jahren, am 29. August 2011, wurde das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) gegründet. Es gehört zum Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und kooperiert eng mit der TU Bergakademie Freiberg. Im April 2016 zog das Institut um an seinen neuen und nunmehr endgültigen Standort an der Chemnitzer Straße 40. Mit der Berufung von Prof. Markus Reuter als zweitem Institutsdirektor zum 1. September 2015 – neben Prof. Jens Gutzmer – sollen die Forschungen für eine material- und energieeffiziente Kreislaufwirtschaft 4.0 von metallischen Rohstoffen vorangetrieben werden. Das Helmholtz-Institut Freiberg hat das Ziel, innovative Technologien für die Wirtschaft zu entwickeln, um mineralische und metallhaltige Ressourcen effizienter verfügbar zu machen und umweltfreundlich zu recyceln.

HIF mit Doppelspitze

Prof. Markus Reuter, neuer Direktor am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, hat auch eine Honorarprofessur für Systemintegrierte Werkstoffherzeugung an der TU Bergakademie Freiberg inne. Der ausgewiesene Experte für Metallrecycling, der ein Ehrendoktor der belgischen Université de Liège ist, war zuletzt Technologiedirektor für das finnische Unternehmen Outotec, dem Weltmarktführer auf dem Gebiet des Anlagenbaus für die Aufbereitung und Verarbeitung mineralischer und metallischer Rohstoffe. Der Technologiemanager ergänzt den Gründungsleiter und Geowissenschaftler Prof. Jens Gutzmer. Über seinen Kollegen sagt Gutzmer: „Mit seiner wissenschaftlichen Ausrichtung passt Markus Reuter genau in das Profil unseres Instituts und findet gleichzeitig viele wichtige Schnittstellen mit der TU Bergakademie Freiberg, unserem engsten Kooperationspartner.“ Für den Aufbau einer eigenen Forschergruppe und deren Vernetzung mit material- und energierelevanten Gruppen innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft erhält Reuter rund vier Millionen Euro von HZDR und Helmholtz-Gemeinschaft.

¹ Kontakt: Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg; Anja Weigl, a.weigl@hzdr.de, Tel. 0351 2604427

Beim finnischen Unternehmen Outotec war Markus Reuter „Director Technology Management“ und gehörte zum Designteam für die Planung von TSL-Badschmelzöfen mit Kapazitäten von bis zu 1,5 Millionen Jahrestonnen an zu verarbeitendem Material, beispielsweise Konzentrate oder Rezyklate; die Anlagen werden weltweit für die Verarbeitung von primären und sekundären Rohstoffen eingesetzt.

Zuvor arbeitete Reuter mehrere Jahre lang als „Chief Executive Technologist“ für das australische Unternehmen Ausmelt, das im Jahr 2010 von Outotec übernommen wurde. Ein Teil seiner Verantwortung lag auch im Bereich Forschung und Entwicklung sowie Projektentwicklung. So leitete Reuter bei Outotec unter anderem die Gruppe für die Simulationssoftware „HSC Sim 9.0“. Das Programm wird zur Modellierung komplexer metallurgischer Prozesse von der Aufbereitung über die

Verarbeitung bis hin zum Recycling von Rohstoffen eingesetzt und ist ein wichtiges Instrument bei der Entwicklung industrieller Lösungen.

Auch nach seinem Wechsel zum Freiburger Helmholtz-Institut treibt Markus Reuter die Grundlagen- und angewandte Forschung bei Outotec weiterhin mit voran – unter anderem im Schmelzofenbau und für die HSC Sim-Software. Sein ganz besonderes Interesse gilt der Entwicklung von Modellen und Methoden, um das Konzept des ökologischen Fußabdrucks auch auf die material- und energieintensiven Prozesse und Anlagen der Metallindustrie anzuwenden.

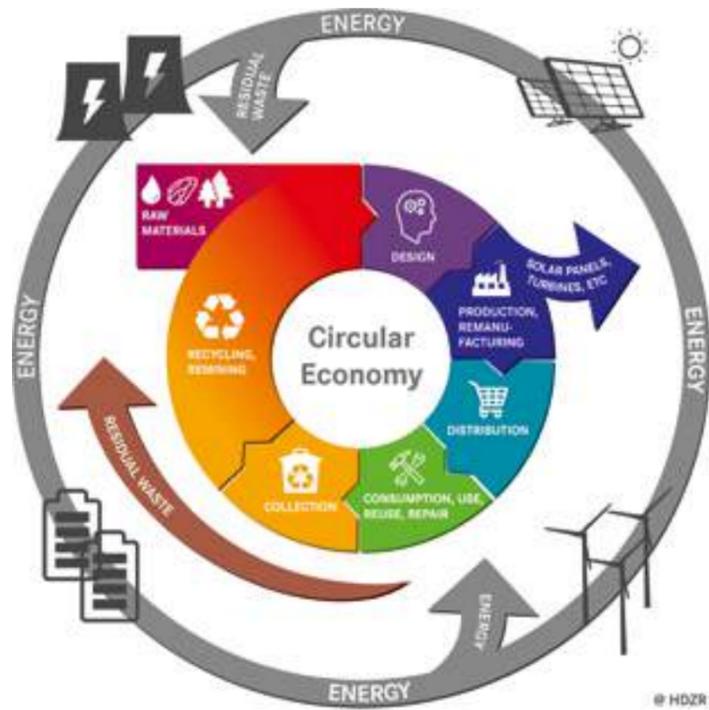


Prof. Dr. (ZA) Jens Gutzmer. Er leitet das HIF seit dessen Gründung am 29. August 2011.



Prof. Dr. Dr. h.c. Markus Reuter. Der gebürtige Südafrikaner trat am 1. September 2015 sein Amt als Institutsdirektor am HIF an.

Fotos: HZDR



Icons made by Freepik, EpicCoders, MadeByOliver, Zlatko Najdenovski from www.flaticon.com

Abfälle minimieren und Wertstoffe durch Recycling wiedergewinnen - zu einer nachhaltigen Gesellschaft gehört beides. Für das Material- und Energiesystem sind Metalle und mineralische Ressourcen besonders wichtig. Allerdings gibt es hier noch viel zu tun, um Stoffkreisläufe im Sinne einer „Circular Economy“ (Kreislaufwirtschaft) zu fördern. Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf entwickelt die nötigen Technologien und Systeme dafür.

Am Helmholtz-Institut sind verschiedene Projekte geplant, um die Anwendung der Simulationssoftware „HSC Sim 9.0“ zu verbessern, sodass sich damit beispielsweise quantitative Vorhersagen zur Gewinnung bzw. Trennung von Metallen bei Recyclingprozessen, ausgehend vom Produktdesign, treffen lassen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt bei der Recyclingfähigkeit von Metallen und Produkten überhaupt. Markus Reuter ist Hauptautor des United Nations-Berichts über das Recycling von Metallen.

Über seinen Wechsel nach Freiberg sagt Reuter: „Mit dem Helmholtz-Institut Freiberg bietet das HZDR genau die richtige Plattform, um international erfolgreiche und unabhängige Rohstoffforschung zu betreiben und auch neue Technologien und Simulationssoftware zu entwickeln. Damit kann ich meine Arbeit zur systemintegrierten Metallgewinnung intensivieren.“ Der Anspruch an eine nachhaltige Gesellschaft ist heute, Rohstoffe über das Ende eines Produktlebens wieder zurück in den Rohstoffkreislauf zu führen. „Doch moderne Produkte sind komplex zusammengesetzt und lassen sich deshalb immer schwerer recyceln. Aus diesem Grund ist es notwendig, neue Konzepte und Verfahren zu entwickeln, die vor allem ressourcen- und energiesparend sind. Erst dann ist Recycling ökonomisch und ökologisch überhaupt sinnvoll“, so Reuter.

Es reiche aber nicht aus, nur das Ende der Rohstoffkette zu betrachten. „Wir müssen den gesamten Lebenszyklus eines Produkts untersuchen“, so Reuter weiter. Bezogen auf Metalle, aber auch andere Materialien, bedeutet Systemintegration also, komplexe Prozessabläufe von der Rohstoffgewinnung aus der Erdkruste über die Herstellung eines Produkts bis hin zum Recycling in einem Netzwerk zusammenschalten und nahezu in Echtzeit ressourcen- und energieschonend zu optimieren. Dafür sollten Maschinen und Werkstücke mit Hilfe von Kleinstcomputern, Sensoren sowie mit leistungsfähigen Simulations- und Monitoring-Werkzeugen permanent Informationen austauschen können. Reuters Arbeitsgruppe am HIF werde aber nicht Teil einer einzelnen Abteilung sein, sondern vielmehr „der Klebstoff, der alle Abteilungen am HIF miteinander verbindet. Außerdem wollen wir uns institutsübergreifend mit anderen material- und energierelevanten Forschungsbereichen am HZDR, aber auch mit der TU Bergakademie Freiberg vernetzen.“



Weihen den neuen Forschungsstandort des Helmholtz-Instituts Freiberg ein (v.l.n.r.): MdB Veronika Bellmann, Prof. Markus Reuter/HIF, Prof. Klaus-Dieter Barbknecht/TU Bergakademie Freiberg, Prof. Roland Sauerbrey/HZDR, MdB Simone Raatz, MdB Jana Pinka, Landrat Matthias Damm, Staatsministerin Dr. Eva-Maria Stange, Dr. Michael Stötzel/BMBF, Prof. Jens Gutzmer/HIF, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg Sven Krüger, Prof. Peter Joehnk/HZDR

Neuer Forschungsstandort: Chemnitzer Straße 40

Die Voraussetzungen, um exzellente Forschung zu betreiben, könnten am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie nun nicht besser sein. Im April 2016 ist der Großteil der Freiburger Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den neuen Forschungsstandort umgezogen. Ihnen stehen insgesamt 22 physikalische und chemische Labore für die Forschung entlang der Rohstoff-Wertschöpfungskette, 33 Büroeinheiten und 18 Technikräume zur Verfügung. Am alten Institutsitz an der Halsbrücker Straße betreibt das HIF weiterhin zwei Labore für Analytik. Die beiden HIF-Arbeitsgruppen für Biotechnologie und Ionenstrahlanalytik bleiben am Standort Rossendorf des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf. Das traditionsreiche Gebäude an der Chemnitzer Straße 40 wurde in den vergangenen Jahren für die Helmholtz-Forscher aufwendig saniert. Bis 1991 befand sich dort das Forschungsinstitut für Aufbereitung (FIA). Neben dem Helmholtz-Institut sind das Freiburger Finanzamt und das Amtsgericht in dem denkmalgeschützten Haus untergebracht. Obwohl deren Betrieb während der gesamten Bauphase – Start war im Frühjahr 2014 – aufrechterhalten wurde, konnte der vorgegebene Zeit- und Budgetrahmen eingehalten werden. Die Stadt Freiberg investierte in die Sanierung von Außenhülle, Keller und Dachgeschoss etwa 4 Mio. Euro. Hinzu kommen 3,5 Mio. Euro für die Innensanierung durch das HZDR; sie werden zu 90 Prozent durch den Bund und zu 10 Prozent durch den Freistaat Sachsen getragen.

Die Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Dr. Eva-Maria Stange, weihte den neuen Forschungsstandort am 17. Juni 2016 ein. Anwesend waren auch weitere wichtige Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft, unter ihnen Ministerialrat Dr. Michael Stötzel aus dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Sven Krüger, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg, sowie Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, Rektor der TU Bergakademie Freiberg.

Sachsens Forschungsministerin Dr. Eva-Maria Stange betonte bei der feierlichen Einweihung die tragende Rolle von Helmholtz-Institut Freiberg und TU Bergakademie Freiberg für das Bundesland: „Sachsen verfügt über wertvolle heimische Rohstoffe, weshalb sich der Freistaat im Jahr 2012 eine eigene Rohstoffstrategie gegeben hat. Hier setzt die Aufgabe des Helmholtz-Instituts an, nämlich in enger Zusammenarbeit mit der Bergakademie neue Technologien zu entwickeln, um die stabile Versorgung mit Hochtechnologie-Metallen zu gewährleisten – und diese Technologien auch direkt vor unserer Haustür zum Einsatz zu bringen.“

Dr. Michael Stötzel, Leiter des für das HZDR zuständigen Referats im BMBF, resümierte: „Das Helmholtz-Institut in Freiberg ist in den letzten fünf Jahren eine feste und wertvolle Einrichtung in der deutschen Forschungslandschaft geworden. Mit der heutigen Einweihung des neuen Forschungsstandorts schafft das Institut mit modernster Geräteausstattung und Infrastruktur beste Voraussetzungen, seine führende Rolle auf dem Gebiet der

Entwicklung innovativer Rohstofftechnologien weiter auszubauen. Um den Weg zu einer Kreislaufwirtschaft in Deutschland erfolgreich weiter zu gehen, braucht es kluge Ideen und Technologien, wie sie von den Freiburger Forschern entwickelt werden.“

Der Freiburger Oberbürgermeister Sven Krüger hob die Bedeutung des Helmholtz-Instituts für die Stadt hervor: „Für alle vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen – überwiegend an der Gebäudehülle – gab es eine überwältigende Zustimmung im Stadtrat. Das ist angesichts der beträchtlichen finanziellen Aufwendungen keineswegs selbstverständlich, sondern zeugt davon, dass sich die Abgeordneten mit dem Anliegen identifizierten, durch diese neue Nutzung des markanten Gebäudekomplexes zukunftssicher an seine ursprüngliche Zweckbestimmung als einstiges Forschungsinstitut für Aufbereitung anzuknüpfen.“

Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, Rektor der TU Bergakademie Freiberg, unterstrich die Rolle des Instituts für die Universität. „Die Entwicklung innovativer Rohstofftechnologien gehört zu den ausgewiesenen Schwerpunkten und Stärken unserer Forschung. Mit den neuen Möglichkeiten des Helmholtz-Instituts wächst Freibergs Attraktivität für exzellente Forscher im Ressourcenbereich und stärkt damit den Wissenschaftsstandort Sachsen.“

Kreislaufwirtschaft 4.0, komplexe Rohstoffe, Bergbau nach dem Bergbau, sanfte Erkundung: Forschungsschwerpunkte am HIF

Der Bedarf an Hightech-Rohstoffen insbesondere für Zukunftstechnologien wird in den kommenden Jahren vermutlich



Die Abteilung Metallurgie und Recycling untersucht, wie man Seltene Erden in den Rohstoff-Kreislauf zurückführen kann. Dabei wird das Verfahren der Solvent-Extraktion angewendet, um die kostbaren Metalle voneinander sowie von anderen Elementen abzutrennen. Das Labor war bei der Einweihung des neuen HIF-Forschungsstandortes offen für die Gäste. V.l.n.r.: Prof. Markus Reuter/HIF, Prof. Christiane Scharf/HIF, Dr. Eva-Maria Stange/Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst des Freistaates Sachsen, Philipp Rädcker/HIF, Dr. Michael Stötzl/BMBF, Prof. Jens Gutzmer/HIF, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg Sven Krüger

weiter steigen. Deshalb wird es immer wichtiger, sorgsam und effizient mit diesen Ressourcen umzugehen. Das gilt sowohl für die primären Rohstoffe aus der Erde als auch für die sekundären Ressourcen aus Abfällen oder ausgedienten Produkten. Der Ansatz der Kreislaufwirtschaft 4.0 könnte sowohl für den Rohstoff- als auch für den Recyclingsektor nachhaltige Lösungen bereitstellen. Dabei kommt den Bereichen Aufbereitung und Metallurgie durch innovative Messverfahren sowie Methoden zu Datenanalyse, Modellierung, Simulation, Optimierung und zur Prozesskontrolle, wie sie am Helmholtz-Institut Freiberg erforscht werden, eine Schlüsselposition zu.

Ein anderer Schwerpunkt des Helmholtz-Instituts ist das „Re-Mining“ – der

Bergbau nach dem Bergbau. Die Freiburger Helmholtz-Wissenschaftler entwickeln und testen unterschiedlichste Technologien, mit denen man die Wertstoffe in alten Bergbauhalten effizient abbauen und metallurgisch weiterverarbeiten könnte.

Des Weiteren spielt am HIF die Fernerkundung eine wichtige Rolle. Die Forscher nutzen geowissenschaftlich relevante Parameter aus Daten von Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen. Ihre Stärke ist es, Informationen aus unterschiedlichen Höhen (multi-scale) und von unterschiedlichen Sensoren (multi-source) zu einem Gesamtmodell zu verknüpfen, um damit das Potenzial von Lagerstätten sicher einschätzen zu können.

Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie erhält eine jährliche Finanzierung von derzeit knapp sechs Millionen Euro, die zu 90 Prozent vom Bund und zu 10 Prozent vom Land stammen. Hinzu kommen Fördermittel aus eingeworbenen Forschungsprojekten. Die Projektmittel allein aus dem BMBF summieren sich mittlerweile auf rund acht Millionen Euro.

„Fünf Jahre nach der Gründung ist das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie nun angekommen“, sagt Institutsdirektor Jens Gutzmer. Und blickt voraus: „Jetzt wollen wir die Position des Instituts weiterentwickeln und – mit unserer nunmehr exzellenten Laborinfrastruktur – unsere Forschung entlang der gesamten Rohstoff-Wertschöpfungskette im internationalen Kontext positionieren.“



Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie befindet sich nun auf der Chemnitzer Straße 40

Gelungene Symbiose: Nickelhütte Aue GmbH und TU Bergakademie Freiberg¹



Brigitte Hoffmann², Michael Neumann³

Angewandte Forschung und Kooperation mit der Industrie waren schon immer ein besonderes Kennzeichen der Bergakademie Freiberg. Bezüglich der Nickelhütte Aue reichen entsprechende Aktivitäten bis in die Zeit des Wirkens von Clemens Alexander Winkler in Freiberg zurück. Mit seinen erfolgreichen Versuchen zur Rauchgasentschwefelung der Hüttengase Mitte des 19. Jahrhunderts [1] legte der spätere Professor für Chemie an der Bergakademie Freiberg den Grundstein für einen umweltfreundlichen Betrieb des Hüttenwerks, wenngleich konzeptionell noch meilenweit von den heutigen Umweltstandards des zum modernen Recyclingbetrieb gewandelten Unternehmens entfernt. Der heutige Geschäftsführer der Nickelhütte Aue GmbH, Dipl.-Chem. Volker Carluß, würdigte als Festkurator des Jubiläums „250 Jahre Bergakademie Freiberg“ das Schaffen Clemens A. Winklers im Blaufarbenwerk Niederpfannenstiel, insbesondere dessen Versuche zur Entwicklung eines Verfahrens zur Erzeugung von Nickelmetall, der Gasanalyse und der Gasreinigung, die in das heute noch angewandte Schwefelsäure-Kontaktverfahren mündeten, als Beispiel für die Jahrhunderte währende enge Zusammenarbeit zwischen der Hochschule und dem Hüttenwerk in Aue. [2].

Obwohl zu DDR-Zeiten die größeren, meist zu Kombinat gehörenden Betriebe im Rahmen von Kooperationen – vorzugsweise mit Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften der DDR – zwar Forschungsaufträge vergaben, verfügten sie doch vorwiegend über eigene Forschungseinrichtungen, die einen Großteil der Aufgabenstellungen abdeckten. Diese Praktik ist gegenwärtig kaum noch anzutreffen. Und so besteht heute zwischen der Bergakademie Freiberg (im Weiteren TU BAF) und der Nickelhütte Aue GmbH

- 1 Basiert auf: B. Hoffmann: Tradition und modernstes Metallrecycling – Nickelhütte Aue GmbH, in AT Recovery 2015, H. 2, S. 30–40
- 2 Dr. rer. nat. Brigitte Hoffmann, Consulting Abfall, Recycling & Umweltschutz, freie Mitarbeiterin AT Recovery, Gerichtsberg 34, 09600 Oberschöna
- 3 Dipl.-Ing. Michael Neumann, Senior Manager Nickelhütte Aue GmbH



Abb. 1: Historische Zeichnung der Blaufarbenwerke Niederpfannenstiel

eine intensive Zusammenarbeit, die Volker Carluß als ein „wirksames Mittel“ bezeichnet, „um innovativ zu sein, schnell auf Veränderungen zu reagieren, Neuem aufgeschlossen gegenüberzustehen und damit auf einem nunmehr globalisierten Markt zu überleben.“ [2]. Die vielschichtige Unternehmensgeschichte gemäß [3] zeigt die Entwicklung vom einstigen Blaufarbenwerk Niederpfannenstiel (Abb. 1) über den VEB Nickelhütte Aue zur Nickelhütte Aue GmbH (Abb. 2, 3). Dabei zeugen die Jahre seit der Privatisierung im Jahr 1991

von den Möglichkeiten, ein Unternehmen mit Investitionen, engagiertem und gut ausgebildetem Personal sowie unter der Anwendung wissenschaftlich fundierter Technologien zu einem hochmodernen Metallrecyclingbetrieb zu verwandeln, dessen guter Ruf weit über die Grenzen Sachsens, ja Deutschlands, hinausgeht. Allein die Produktion von jährlich 3500 t Nickel aus Abfällen (entsprechend 240.000 t Erz mit einem mittleren Gehalt von 1,45 % Ni) zeigt, über welches Potenzial die Nickelhütte Aue GmbH als Recyclingbetrieb heute verfügt.



Abb. 2: Nickelhütte Aue GmbH – Gesamtansicht heute



Abb. 3: Blick auf das Verwaltungsgebäude (AT)

Unternehmensentwicklung seit 1991

Die Nickelhütte Aue GmbH (im Weiteren NHA) gehört zur Unternehmensgruppe SJM – Siegfried Jacob Metallwerke, gegründet 1953 in Ennepetal, die im Bereich der NE-Metalle heute als eines der führenden, nicht konzerngebundenen europäischen Familienunternehmen gilt. Die Bedeutung des Standorts Aue für die SJM zeigt sich nicht zuletzt in der Anzahl der ca. 420 Beschäftigten und in der Größe des Firmengeländes (rd. 400.000 m²).

Die NHA ist elektrischer Selbstversorger, indem sie die Abwärme der pyrometallurgischen Prozesse zur Energieerzeugung nutzt. Die angewandten technologischen Verfahren sind teils historisch gewachsen, teils neu entwickelt – oft in enger Zusammenarbeit mit den Kunden oder Kooperationspartnern wie der TU Bergakademie Freiberg; sie sind auf abfallarme Prozesse ausgerichtet.

Seit 2013 gehört die EFS Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH mit ca. 50 Beschäftigten als 100%ige Tochter zur NHA.

Geschäftsbereiche

Wie der Stammbetrieb in Ennepetal ist auch die NHA in den drei Bereichen Aufbereitung, Hydro- sowie Pyrometallurgie und Handel tätig, wobei ein wesentliches Teilfeld die Aufbereitung metallhaltiger Rückstände ist. Die Anlieferung der Einsatzstoffe erfolgt meist über die Straße, wobei auch Spezialtransporte realisiert werden, beispielsweise von Transformatoren beträchtlicher Ausmaße. Ein Bahnanschluss ermöglicht auch Anfahren über die Schiene.

Erklärtes Ziel ist die schadstoffarme Verwertung der Recyclingrohstoffe bei Einhaltung höchster Umweltstandards. Entsprechende Zertifikate nach ISO 9001 oder ISO 14001 und als Entsorgungsfachbetrieb zeugen von der Erreichung dieses Ziels. Das Unternehmen hat außerdem nach EU-Recht den Status einer autorisierten Verwertungsanlage.

Umweltschonende Renaissance von Abfallprodukten

Schon als VEB Nickelhütte Aue wurden am Standort industrielle Ab- und Nebenprodukte (Sekundärrohstoffe) verarbeitet, bspw. um Kupfer zur Herstellung von Fungiziden zu gewinnen. Allerdings ist die heutige Verarbeitungs- und Produktionspalette des Unternehmens sowohl qualitativ als auch quantitativ wesentlich breiter. Das Spektrum der Eingangsstoffe umfasst:

- Metallische Abfälle
- Katalysatoren aus der Petrol- und Chemieindustrie
- Transformatoren
- Li- und andere NE-metallhaltige Akkumulatoren
- Ätzlösungen
- Galvanik-, Abwasser- und Schleifschlämme

Eine Anpassung an die Verwertung weiterer Einsatzstoffe ist ohne weiteres möglich, beispielsweise die Verwertung des Theisenschlamm aus dem thüringischen Areal des Mansfeld-Reviere (rd. 230.000 t). So ist die NHA auch an dem entsprechenden r⁴-Verbundförderprojekt des BMBF (Gewinnung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe aus den Stäuben der Kupferherstellung, Laufzeit 02/2015–01/2018) gemeinsam mit der TU Bergakademie und anderen Partnern beteiligt [4].

Welche vielseitigen Prozesse ablaufen, um wieder-einsetzbare Recyclingprodukte von hoher Qualität zu gewinnen, veranschaulicht eindrucksvoll das Verfahrensdigramm in Abb. 4. Während durch die pyrometallurgischen Prozesse (Rösten und Schmelzen) Metallkonzentrate, Stein oder Schlacken als Zwischenprodukte erzeugt werden, sind den hydrometallurgischen Prozessen neben der Anreicherung der Nutzkomponenten durch Aufschluss-, Löse-, und Fällungsverfahren auch Trennvorgänge mit dem Ziel der Isolierung einzelner Metalle vorbehalten. Aus der Vielfalt der miteinander verknüpften, oder aber auch parallel ablaufenden Recyclingprozesse sollen im Folgenden einige Beispiele kurz beschrieben werden.

Häufig ist der erste Verfahrensschritt ein pyrometallurgischer Prozess. Beispielsweise werden verbrauchte, fettartige Nickelkatalysatoren aus der Margarineherstellung zunächst im Drehrohrofen thermisch behandelt; dabei wird das Fett entfernt. Durch Zugabe von Gips (aus der eigenen Abgasentschwefelung) werden die Metalle dann im Schmelzprozess in Sulfide überführt, die sich anschließend

durch Schmelzdichte-Separierung von den Schlackenbestandteilen trennen lassen und aufkonzentriert werden.

Verarbeitung von Kupferchlorid-Ätzlösungen

Die aus der Elektronikindustrie stammenden CuCl₂-Ätzlösungen werden mit konzentrierter Schwefelsäure (H₂SO₄) zur Entfernung des Wassers versetzt (Abb. 5). Die entstehende Salzsäure wird als Dampf abgezogen, als Produkt verbleibt Kupfersulfat (CuSO₄). Die Salzsäure wird entweder als Ätzmittel an die Leiterplattenindustrie verkauft oder für den eigenen Bedarf verwendet. Das CuSO₄ wird durch Eindampfen und Fest-/Flüssigtrennung erhalten. Es ist ebenfalls ein Verkaufsprodukt und findet in der chemischen Industrie und in der Oberflächentechnik Verwendung.

Rückgewinnung von Vanadium

Seit dem Jahr 2000 betreibt man in der NHA das Schmelzen von vanadiumhaltigen Abfällen – wie beispielsweise das von Verbrennungsrückständen aus der Erdölproduktion mit Gehalten von 3–4% Ni und 10–12% V – nach einer neu entwickelten Technologie. Die Rezepturen dafür werden schon in der Rohstoffhalle erstellt. Die Rohmaterialien gelangen in einen Schmelzofen. Die gebildete V-Schlacke lässt sich nach dem Erstarren aufgrund des Dichteunterschieds sehr einfach vom Nickelstein manuell trennen. Nach der Zerkleinerung der Schlacke wird diese in Wasser gelöst; rd. 97% des Vanadiums werden nach mehreren Reinigungsschritten als V₂O₅ erhalten (Abb. 6). Auch das im anfallenden Abwasser enthaltene Vanadium wird gewonnen (mittels Festbett-Ionenaustauscher). Das Vanadinpentoxid wird entweder in basischem wässrigen Milieu gelöst und als 7- oder 10%ige Lösung oder als Pulver verkauft. Die Weiterbearbeitung des Nickelsteins erfolgt ebenfalls hydrometallurgisch durch Druckaufschluss.

Flüssig/Flüssig-Extraktion

Ein wichtiger Schritt für die Gewinnung von Nickel und seine Trennung von Kupfer und Kobalt ist die Flüssig-/Flüssig-Extraktion in einer Mixler-Settler-Anlage (Abb. 7). Die nach dem Druckaufschluss anfallende NiSO₄-Lösung ist noch mit Cu-, Fe-, Co- und Zn-Ionen verunreinigt, die es zu entfernen gilt. Die Eisenionen werden zunächst als Hydroxid gefällt und abgetrennt. In der Mixler-Settler-Anlage verbleibt das Ni²⁺ in der wässrigen Phase,

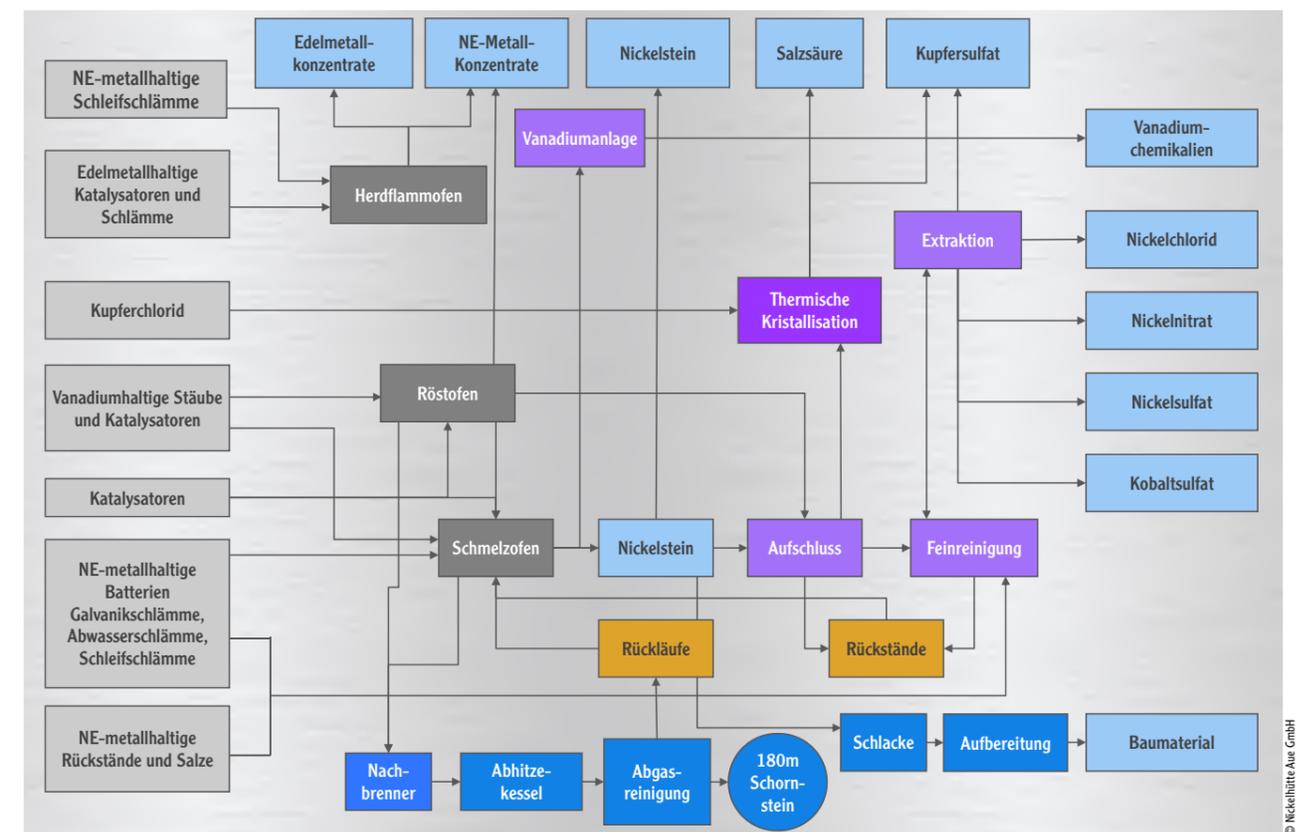


Abb. 4: Prozessdiagramm



Abb. 5: Behandlung von Ätzlösungen

während Co²⁺ in der organischen Phase angereichert wird. Unter Verdampfung des Wassers wird NiSO₄ auskristallisiert. Die mit Co²⁺ und Zn²⁺ angereicherte organische Phase wird mit Schwefelsäure versetzt und eine Trennung dieser Metalle durch unterschiedliche pH-Einstellung erreicht. Im Verdampfer wird anschließend das CoSO₄ auskristallisiert – und von der überschüssigen Lösung abfiltriert. Auf diese Weise werden, zwar aufwändig,



Abb. 6: Waschen und Filtern des Vanadiumpentoxids



Abb. 7: Extraktions-Kolonne

aber effizient, hochreine Produkte – Ni-, Cu- und Co-Sulfat – erhalten.

Herstellung von Legierungen

Die NHA hat in einer Legierungsschmelzabteilung die Möglichkeit, vorwiegend aus Cu-haltigen Schrotten Legierungen herzustellen. Dafür stehen zwei Induktionsschmelzöfen und ein Lichtbogenschmelzofen zur Verfügung. Um allen Kundenwünschen gerecht zu werden, ist für die Erstellung der jeweiligen Rezepturen ein relativ großer Pool an Rohmetallen erforderlich. Gießvorrichtungen komplettieren diese Abteilung.

Mannigfaltige Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg

Das beschriebene Firmenprofil der Nickelhütte Aue GmbH zeigt die breit gefächerte Produkt- und Dienstleistungspalette, mit der das Unternehmen heute seine Kunden in aller Welt bedient, davon zu rd. 50% im Ausland. Dazu sind aufbereitungstechnische, metallurgische und chemische Prozesse erforderlich, die aufeinander abgestimmt und wissenschaftlich durchdrungen sein müssen, um einerseits ökonomischen Erfolg zu bringen und andererseits den ökologischen Erfordernissen gerecht zu werden. Wie eingangs schon erwähnt, bedient sich die NHA dazu auch des einmaligen Forschungspotenzials der TU BAF. Außer mit den Instituten für Anorganische Chemie, Analytische Chemie, Technische Chemie, Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt und Naturstoffverfahrenstechnik, für Biowissenschaften, für Mechanische

Verfahrens- und Aufbereitungstechnik sowie für Mineralogie bestehen naturgemäß vornehmlich mit dem Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe engste Kontakte, die sich in einer langjährigen Zusammenarbeit und zahlreichen Projekten widerspiegeln, von denen nachfolgend einige kurz beschrieben werden sollen.

Recycling von Nickel/Cobalt/Molybdän- und Vanadium/Wolfram/Molybdän-Katalysatoren (2008–2011) [5]

Hauptziel dieses Projekts war die Entwicklung von ökonomisch vertretbaren Verfahren zum Recycling komplex zusammengesetzter NE-Metall-Katalysatoren, insbesondere von Ni/Co/Mo, Ni/W/Mo und V/W/Mo, auf Tonerde-Trägern unter ökologischen Gesichtspunkten. Auf der Basis von Laboruntersuchungen konnte ein solches Verfahren gefunden werden: Auf eine thermische Vorbehandlung des verbrauchten Katalysatormaterials zum Abrösten von Kohlenstoff und Schwefel folgt eine alkalische Behandlung unter Zugabe von Oxidationsmitteln, um V, Mo (und W) selektiv vom Trägermaterial abzutrennen. Für die Laugungsrückstände bietet sich als zweiter Aufarbeitungsschritt eine Laugung mit ammoniakalischer $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -Lösung an, bei der Ni^{2+} und Co^{2+} gelöst werden. Die Abtrennung der Wertmetalle aus den resultierenden Aufschlusslösungen erfolgt durch Fällung, Solvent-Extraktion und Ionenaustausch. Mit dieser Verfahrensentwicklung wurden wichtige Voraussetzungen für die technische Rückgewinnung der genannten Metalle – auch aus komplex zusammengesetzten Sekundärrohstoffen – geschaffen.

Hybride Lithiumgewinnung (2011–2013) [6]

Unter Federführung des Instituts für Technische Chemie galt es, mit diesem vom BMBF geförderten Projekt Verfahren zur Herstellung von Lithiumcarbonat aus Zinnwaldit, Solen und Sekundärrohstoffen zu entwickeln, die es den am Projekt beteiligten Unternehmen – so auch der NHA – erlauben, neue Märkte zu erschließen. Das Vorhaben umfasste sowohl mechanische und metallurgische als auch chemische Prozesse zur Li-Gewinnung aus diesen drei bislang ungenutzten Rohstoffquellen, unabhängig von ihrem Konzentrationsverhältnis. An diesem Projekt waren zahlreiche universitäre und sonstige Forschungseinrichtungen, aber auch Unternehmen beteiligt, da die gesamte Prozesskette – von der Erschließung der Rohstoffpotenziale bis zum Endprodukt

Li_2CO_3 – abgedeckt werden sollte. Aus der Projektbearbeitung sind die notwendigen technologischen Grundlagen zur Nutzung der einheimischen entsprechenden Primär- und Sekundärrohstoffe hervorgegangen. Damit wurde ein Beitrag zur Begrenzung der geopolitischen Risiken der Versorgung mit diesem strategisch wichtigen Metall geleistet. Inzwischen folgte auch eine entsprechende Patentanmeldung [6].

Entwicklung eines neuen Schmelzverfahrens zur Herstellung von Nickelstein (11/2012–12/2016) [7]

Ziel dieses Projekts, das direkt zwischen der NHA und dem Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe vereinbart wurde, ist die Entwicklung eines Verfahrens zum direkten Schmelzen von gebrauchten Katalysatoren mit anhaftenden organischen Bestandteilen (Fettkatalysatoren) und die Nutzung dieser als Schmelzenergieträger – im Unterschied zur üblichen, primären Abtrennung der kalorischen Fraktion. Erste Ergebnisse von Versuchen in einem kleinen Badschmelzofen wurden in einem Zwischenbericht dargelegt. Die erhaltenen Nickelsteine wiesen mit 0,6% deutlich geringere Fe-Gehalte auf als die nach dem bisherigen Verfahren resultierenden. Auch eine Reduzierung der Ni-Gehalte in der Schlacke konnte bereits nachgewiesen werden. Ein Ausbringen von 98% Ni im Stein bei einem ersten Versuch ermutigt zu weiteren Versuchen in dieser Richtung. Die restliche Laufzeit des Projekts dient Untersuchungen zur Konvertierung eines Fe-, Cu- und Ni-haltigen Steins in einen Nickelfeinstein.

Einsatz eines Vanadium-Elektrolyten auf Basis von Sekundärrohstoffen in Redox-Flow-Batteriespeichersystemen [8]

Hierbei handelt es sich wiederum um ein vom BMBF gefördertes r⁴-Projekt. Untersuchungsgegenstand ist die Mobilisierung von V-haltigen Aufbereitungs- und Produktionsrückständen sowie die Kreislaufführung von Altprodukten mit dem Ziel der Entwicklung neuer Verfahren zur Gewinnung von Vanadium und zur Herstellung von Vanadium-Elektrolyten.

Resümee

Das Firmenprofil der NHA GmbH – ein Mix aus Hütten- und Chemiebetrieb – ist für eine Partnerschaft mit der TU Bergakademie Freiberg nahezu prädestiniert. Die breit gefächerte Produkt- und Dienstleistungspalette, mit der die Nickelhütte

Aue GmbH ihre Kunden in aller Welt beliefert, bietet für die Universität zahlreiche Ansatzpunkte, um sich als Kooperationspartner anzubieten. Es ist die Mischung aus Aufbereitung, Metallurgie und Chemie, die die Besonderheit der Nickelhütte Aue GmbH ausmacht und sie befähigt, metallische und metallhaltige Abfälle mit hohen Recyclingquoten und hohen Produktqualitäten einer Wiederverwendung zuzuführen. Und gerade diese Mischung wird durch die verschiedenen an der Bergakademie angesiedelten, technisch einschlägig ausgerichteten Institute ebenso repräsentiert, so dass gemeinsame Forschungsarbeiten in vielerlei Hinsicht Verbesserungen der Anlagentechnik und der Prozessführung und damit der Produktqualität und -palette versprechen. Neben den hier exemplarisch aufgeführten Forschungsprojekten manifestiert sich die intensive Zusammenarbeit zwischen dem Recyclingunternehmen NHA und der TU aber auch in der Vergabe von Studien- und Diplomarbeiten sowie in Form von bisher zwei Deutschlandstipendien, die durch die NHA an Studierende der TU Bergakademie Freiberg vergeben wurden. Nicht zuletzt ist auch das Ausdruck einer gelungenen Symbiose zwischen Unternehmen und Hochschule. Möge diese auch in Zukunft so gut gelingen!

Literatur

- 1 R. Salzer, G. Steiner, M. Hausteil: Der Jungchemiker Clemens Winkler und das Blaufarbenwerk Niederpfannenstiel. Mitteilungen d. Gesellschaft Deutscher Chemiker/Fachgruppe Geschichte der Chemie (Frankfurt/Main), Bd. 22 (2012).
- 2 In „Zeitstrahl erzählt Geschichte der TU Bergakademie Freiberg“, Mitteilung der Pressestelle der Bergakademie Freiberg vom 07.11.2014. (tu-freiberg.de/presse/zeitstrahl-erzaehlt-geschichte-der-tu-bergakademie-freiberg).
- 3 M. Hausteil: Das Erbe des Blaufarbenwerkes, Druck- und Verlagsgesellschaft Marienberg (2010), und persönl. Mitteilungen des Autors.
- 4 Mitteilung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (<http://www.ufz.de/index.php?de=38660>).
- 5 E. Niederschlag, K. Pleßow, M. Stelter u. a.: Recycling von Nickel/Cobalt/Molybdän- und Vanadium/Wolfram/Molybdän-Katalysatoren. Vortrag auf der European Metallurgical Conference EMC 2007 in Düsseldorf, 11.-14.06.07GDMB Medienverlag, Clausthal-Zellerfeld 2007.
- 6 Neue Verfahren zur Lithiumgewinnung aus primären und sekundären Rohstoffen patentiert. Mitteilung der Pressestelle der TU Bergakademie Freiberg vom 18.05.2016.
- 7 Entwicklung eines neuen Schmelzverfahrens zur Herstellung von Nickelstein. Zwischenbericht 6 der TU Bergakademie Freiberg, Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe, 2015.
- 8 Persönliche Mitteilung aus der Nickelhütte Aue GmbH zu laufenden Forschungsprojekten des Unternehmens an der TU Bergakademie Freiberg 05/2016.



Tagebau Profen

„Ein Glücksfall, bei MIBRAG meine Diplomarbeit schreiben zu können“

Deutschlandstipendiat Paul Pratter von der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg untersuchte den Einfluss der Lamellenbreite auf das Ergebnis von Standsicherheitsberechnungen von Böschungen. Die Ergebnisse seiner Arbeit finden inzwischen sogar industriezweigweit Beachtung.

Das Anlegen und Sichern künstlicher Böschungen zählt zur hohen Schule der Bodenmechanik. Es gilt hierbei zu verhindern, dass die Scherfestigkeit des Bodens überschritten wird – etwa aufgrund zu großer Böschungswinkel oder -höhen oder auch infolge von Erschütterungen, sich verändernden Wasserverhältnissen oder Belastungen oberhalb der Böschung. Andernfalls könnte die Folge ein Abrutschen eines Gleitkörpers sein, sprich: Die Böschung bricht. Zu den Aufgaben von Geotechnikern in Braunkohletagebauen, in denen Böschungen Höhen von 100 m und mehr erreichen können, gehört es deshalb, vorher – möglichst zweifelsfrei – deren Standsicherheit nachzuweisen. Mit einzu-beziehen sind dabei neben ungünstigen Wasserverhältnissen sowie Auflasten, beispielsweise aus Bauwerken und Verkehr, auch die spezifischen Eigenschaften der anstehenden Bodenarten sowie eventuell vorhandene geologische Störungszonen und ungünstige Lagerungsverhältnisse.

All das erfordert ebenso präzise wie differenzierende Berechnungen durch die Geotechniker. Für diese Kernaufgabe der Bodenmechanik in Tagebauen stehen den Geotechnikern heute verschiedene erdstatische Softwarelösungen zur Verfügung, mit denen sie Standsicherheitsanalysen durchführen können. Das für die Diplomarbeit verwendete Berechnungsprogramm ermittelt die Standsicherheit

einer Böschung mit Hilfe der drei Lamellenverfahren nach Morgenstern/Price, Borowicka und Bishop. Hierzu wird der Prüfkörper in mehrere senkrechte Streifen eingeteilt – die Lamellen. Je nach Berechnungsverfahren werden an diesen Lamellen die wirkenden Kräfte beziehungsweise Momente ermittelt und in die Berechnungen eingeführt.

Die vorliegenden Softwarelösungen beinhalten programmspezifische Routinen zur Einteilung der Prüfkörper in Lamellen sowie zur Wahl der maximal auftretenden Lamellenbreite. Diese orientieren sich an den geometrischen Randbedingungen der zu untersuchenden Böschung. Hiermit werden vergleichbare und zuverlässige Ergebnisse ermittelt. Bisher lag jedoch keine systematische Untersuchung vor, ob beziehungsweise welchen quantitativen Einfluss eine verfeinerte oder auch größere Lamelleneinteilung auf das Berechnungsergebnis hat. Darüber hinaus stand die Frage, ob und in welchem Maß sich der gewählte Ansatz einer konstanten Lamellenbreite auf das Ergebnis auswirkt.

Mit diesen und ähnlichen Fragen beschäftigten sich Achim Leonhardt, Leiter Bodenmechanik bei der Mitteldeutschen Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG), und sein Team, als ihnen ein glücklicher Zufall einen Diplomanden ins Haus führte. Denn Paul Pratter, der seit 2010 an der TU Bergakademie Freiberg Geotechnik und Bergbau mit der Vertiefung Geotechnik studierte, suchte noch ein adäquates Thema für seine Abschlussarbeit. Der 26-jährige war im Frühjahr letzten Jahres gerade für ein Deutschlandstipendium bestätigt worden und traf nun auf einer Veranstaltung im Kloster Altzella, zu der die Freiburger Hochschule alle ihre



Achim Leonhardt, Leiter Bodenmechanik bei MIBRAG, (links) im Gespräch mit Deutschlandstipendiat Paul Pratter

hierfür erwählten Stipendiaten zur feierlichen Urkundenübergabe eingeladen hatte, auf Vertreter von MIBRAG.

Diese Begegnung war freilich nicht ganz zufällig. Denn der Braunkohleförderer aus Zeitz in Sachsen-Anhalt gehört zu den regionalen Partnern jenes Förderprogramms, mit dem der Bund Beststudenten zu zusätzlichen Spitzenleistungen motivieren will. Das Deutschlandstipendium wirkt damit auch dem Fachkräftemangel entgegen, es trägt zur Profilbildung der Hochschulen bei und stärkt zugleich deren Kooperation und Netzwerkbildung mit der Wirtschaft ihres unmittelbaren Einzugsbereichs. Die Unternehmen tragen im Gegenzug auch die Hälfte der monatlich 300 Euro, die ein Deutschlandstipendiat

für maximal ein Jahr erhalten kann. Die andere Hälfte schießt der Staat zu.

Auch für die eigene berufliche Entwicklung versprach sich Paul Pratter von der Aufnahme in dieses Eliteprogramm einiges: „Man kann sein eigenes Netzwerk ausbauen, indem man neue Firmen und andere Stipendiaten kennenlernt und spezielle Veranstaltungen und Seminare besuchen darf, die nur für diesen ausgewählten Kreis reserviert sind“, erzählt er. Und so fügte sich an jenem Nachmittag im Alten Bibliothekssaal von Kloster Altzella schnell eins zum anderen: Pratter, der inzwischen sehr genau wusste, was er wollte, suchte einen Betrieb, der ihm zunächst ein Praktikum ermöglichte, aus dem er dann seine Aktivitäten unmittelbar in eine Diplomarbeit überleiten könnte – und er wandte sich hierfür bereits sehr gezielt an die anwesenden Verantwortlichen von MIBRAG. Und das Bergbauunternehmen benötigte seinerseits unter anderem einen gut ausgebildeten Insider zur Klärung besagter Lamellenproblematik.

So wurde der Diplomand noch während der Veranstaltung mit dem Leiter Strategie des Bereichs Bergbauentwicklung von MIBRAG, Berthold Hofmann, sowie Steffen Redlich vom Bereich Strategische Personalentwicklung des Unternehmens

über ihre künftige Zusammenarbeit einig. „Darüber habe ich mich riesig gefreut!“, zeigt er sich bis heute glücklich darüber.

Dabei hatte Pratter zuvor mit Kohleförderung und Tagebauen – zumindest in dieser Dimension – noch nie zu tun gehabt. Selbst auf die Geotechnik war er eher beiläufig gestoßen, als er nach dem Abitur, Zivildienst und einem Trip durch Neuseeland zunächst beim Grundbaulabor München GmbH ein Praktikum absolvierte. „Diese Arbeit beeindruckte mich jedoch sehr und so wusste ich danach: Genau das trifft mein Interesse“, erinnert er sich.

Damit suchte der gebürtige Oberbayrer, der in der Nähe von Fürstfeldbruck aufwuchs, nun nach Universitäten, die Studiengänge mit Geotechnik-Inhalten anbieten. Er fand drei und entschied sich dann recht schnell für Freiberg: Die TU München war ihm zu groß, die TU Clausthal gewissermaßen zu weltabgeschieden. Die Bergakademie mit ihren rund 5000 Studenten, angesiedelt in einer ebenso lebenswerten wie traditionsreichen Kreisstadt, gefiel ihm dagegen sofort. Nicht zuletzt konnte er hier – was ihm sehr wichtig war – das Studium mit einem Diplom abschließen. „Außerdem hat man sich in Freiberg von Beginn an sehr um mich bemüht“, erzählt er. Und überdies

bekämen alle Erstsemester ältere Studenten vermittelt, die sich ihrer annehmen.

Bestärkt durch zwei Pflichtpraktika – eines bei der Stump Spezialtiefbau GmbH in München, das andere bei der Graphit Kropfmühl AG im Bayerischen Wald – war Paul Pratter schließlich schon während des Studiums sicher, dass er beruflich mehr in Richtung Geotechnik als zum reinen Bergbau tendierte. Deshalb wählte er auch die entsprechende Spezialisierung. Allerdings war er dann schon sehr beeindruckt, als er im Herbst 2015 sein Praktikum bei MIBRAG antrat. Zuvor kannte er das Förderunternehmen vor allem von Fotos in den Lehrräumen der Universität, die beispielsweise dessen Tagebaue zeigten. Doch auch ein kleiner MIBRAG-Anstecker, so fiel ihm wieder ein, befand sich dereinst in seiner Erstsemestertasche.

An dem Braunkohleförderer beeindruckten ihn dann „die ganze Arbeits- und Herangehensweise, die Effizienz der technologischen Abläufe, auch die Größe der Tagebaue und hier eben das hohe Niveau im Bereich Bodenmechanik“, berichtet er. Außerdem habe er sich bei den sehr bodenständigen Bergleuten „schnell sehr gut aufgehoben gefühlt“. So nahm sich mit Heinz Junge einer der MIBRAG-Geschäftsführer höchstselbst Zeit für Gespräche mit den Deutschlandstipendiaten. Es folgten eine Exkursion in den Tagebau Profen und schließlich die Bearbeitung einer Praktikumsaufgabe, die Pratter auch im Nachhinein als sehr spannend und anspruchsvoll empfindet.

Es ging um den Bereich Bösaus im Abaufeld Domsen, der Altkippenmassen und eingespültes Material enthält. Er soll überbaggert werden. Aufgrund der besonderen Vorgeschichte waren hierfür jedoch aufwändige Vorfelddreherchen erforderlich. So nahm er hierfür zunächst einen Abgleich zwischen der Bohrkernansprache, wie es in der Geotechnik heißt, und den Ergebnissen aus dem bodenmechanischen Labor vor. Hierbei ging es darum, so erläutert er, mögliche Widersprüche zu erkennen und diese plausibel abzugleichen. Darüber hinaus sprach er mit Zeitzeugen aus den Jahren, als in Bösaus noch die Kippe betrieben und Material eingespült wurde, vertiefte sich in Archiven und Museen in alte Dokumente aus jener Zeit, studierte historische Pläne und Fotos. „Interessant, wie lebendig man solch ein eigentlich trockenes Thema aufbereiten kann“, erzählt er.

Für die sich nahtlos anschließende Diplomarbeit bekam er dann ein knappes



Die Förderung von Braunkohle versteht sich als Bergbau auf Zeit. Denn ein Rohstoffunternehmen, das von und mit der Natur lebt, besitzt ein natürliches Interesse an einem ressourcenschonenden und respektvollen Umgang mit der Landschaft, in der es tätig ist.

halbes Jahr eingeräumt – eine Zeit, in der „ich mich dieser Arbeit fast ausschließlich widmen konnte“, versichert er. So nennt er es einen „richtigen Glücksfall, dass ich meine Diplomarbeit bei MIBRAG schreiben konnte“. Auch die fachliche Betreuung sei perfekt gewesen: „Alle Kollegen waren sehr kooperativ und selbst in anderen Bereichen, etwa bei den Markscheidern, standen mir alle Türen offen!“

Kernthema der Arbeit war dann der Einfluss der Lamellenbreite auf das Ergebnis von Standsicherheitsberechnungen von Böschungen. In seinen Analysen variierte er systematisch die Lamellenbreite nach den eingangs genannten Kriterien und verwendete hierbei verschiedene Parameteransätze für den Boden. Auch beleuchtete er wissenschaftlich den aktuellen Forschungsstand zur Lamelleneinteilung. Zu den Untersuchungen mit Lamellenverfahren stellte er beispielhafte Vergleichsrechnungen mit einem numerischen Verfahren unter Anwendung der φ -c-Reduktion – also der rechnergesteuerten automatischen Reduktion der Scherparameter – an.

Bei Bedarf stets aktiv zur Seite standen Paul Pratter hierfür gleich zwei fachliche Mentoren: Privatdozent Dr.-Ing. habil. Nándor Tamáskovics von der TU Bergakademie Freiberg sowie mit Achim Leonhardt der Leiter Bodenmechanik bei MIBRAG. „Beide stimmten sich dabei eng ab“, freut sich der junge Diplomingenieur.

Mit Leonhardt, der ebenfalls Geotechnik in Freiberg studiert hatte, erarbeitete er sich zu Beginn der Analysen auch noch

einmal präzise das avisierte Thema. Und nicht zuletzt bei ihm hinterließ Pratter im Bergbauunternehmen einen sehr ordentlichen Eindruck. „Paul hat sich sehr gut angestellt, er hat sehr gewissenhaft und gut strukturiert seine Untersuchungen vorgenommen“, lobt Leonhardt. „Es war eine sehr angenehme Zusammenarbeit mit ihm.“

Besonders wichtig war für MIBRAG am Ende natürlich das Ergebnis der Diplomarbeit, die er schließlich im April 2016 eingereicht hatte. Denn es bestätigte laut Leonhardt, dass mit der Programmautomatik zur Einteilung der Lamellen „eine Genauigkeit gewährleistet ist, die keine Anpassung der vorhandenen Programmierung erfordert und uns eine hohe Sicherheit im praktischen Alltag gibt“. Ausdrücklich bestätigt er damit auch, dass Pratters auf 130 Seiten vorgelegte Analyse nun „in keiner Schublade verschwindet“, sondern für die Ingenieure einen „praktischen Nutzwert“ habe.

Gern würde Paul Pratter nun noch länger bei MIBRAG bleiben, zumal seine Freundin in Dresden studiert. Da in Zeitz derzeit keine adäquate Stelle im Bereich Bodenmechanik frei ist, überlegt der junge Bayer im Moment noch, ob er sich künftig bei einem Ingenieurbüro für Baugrunduntersuchungen bewirbt oder besser bei einer Spezialtiefbau- oder Straßenbaufirma. Und er weiß, die Zukunft steht ihm offen. Angst, keine Arbeit zu finden, muss der erfolgreiche Deutschlandstipendiat nicht haben.

■ Harald Lachmann



MIBRAG ist ein modernes Bergbauunternehmen mit Sitz in Zeitz (Burgenlandkreis, Sachsen-Anhalt). Die Förderung und der Verkauf von Rohbraunkohle gehören zum Kerngeschäft. Insgesamt fördert MIBRAG in den Tagebauen Profen (Sachsen-Anhalt) und Vereinigtes Schleenhain (Sachsen) über zehn Prozent der in Deutschland gewonnenen Rohbraunkohle – etwa 20 Millionen Tonnen pro Jahr – und beliefert damit die beiden Kraftwerke Schkopau in Sachsen-Anhalt und Lippendorf in Sachsen. Weitere Abnehmer sind unter anderem die Südzucker AG Zeitz sowie die Stadtwerke in Dessau und Chemnitz.

95 Jahre Zusammenarbeit zwischen der Bergakademie Freiberg und der Firma Labor-Pilz – eine alte Tradition legt die Grundlagen auch für die Zukunft

Thomas Pilz¹



Freiberg und Bergbau, Bergbau und Bergakademie, Bergakademie und Forschung sind seit jeher untrennbar miteinander verbunden. Forschung benötigt damals wie heute eine solide Basis und Ausstattung. So verwundert es nicht, dass Otto Müller auf der Thielestraße 3 – in unmittelbarer Nachbarschaft des Hauptgebäudes der Bergakademie – ein „Spezialgeschäft für Bergwerks- und Hüttenlaboratorien“ gründete. Das war im Jahr 1921. Und heute, 2016, feiert das Unternehmen, das seit den 1960er-Jahren als „Labor-Pilz, Labor- und Industriebedarf“ firmiert, sein 95. Firmenjubiläum.

In den 1920er-Jahren zeugten zahlreiche Firmensitzverlegungen und Lagererweiterungen, alle im unmittelbaren Umfeld der Bergakademie, vom stürmischen Wachstum des Ein-Mann-Unternehmens. Einmal bezog das Unternehmen sogar Quartier im Nachbarhaus der heutigen Universitätsverwaltung in der Akademiestraße (Nummer 4). Anekdoten aus jener Zeit berichten, dass Otto Müller auch recht gut durch die schwierige Zeit der Hyperinflation 1923 gekommen sei, da er einen wesentlichen Teil seines Umsatzes mit ausländischen Studenten der Bergakademie, in damals harten US-Dollar, abwickeln konnte.

Am 1. April 1938 schließlich wurden die Geschäftsräume auf der Burgstraße 50 bezogen, wo das Unternehmen heute noch seinen Sitz hat. Auch das Ladengeschäft existiert noch, wenngleich es nur noch zu einem sehr geringen Teil zum Umsatz beisteuert. Es ist ein erster Anlaufpunkt für viele Neuankömmlinge der Bergakademie – seien es Studenten im ersten Semester, wissenschaftliche Mitarbeiter, Doktoranden oder Professoren. Auch für die Gäste der Bergakademie ist das Geschäft immer wieder ein Anziehungspunkt. Und es passiert gelegentlich, dass sich Fachleute aus den verschiedensten Ländern begeistert in den Ladenräumen umschauen und später von zu Hause aus dann ihren Bedarf über den mittlerweile eingerichteten Online-Shop per Internet anmelden. Sogar bis ins ferne Bolivien ist eine Laborausstattung



Geschäftsanzeige 1926 [2]

geliefert worden. Einige Zeit später war diese dann im Bildhintergrund bei „abenteuer wissen“ im ZDF in einer Reportage über die Lithiumgewinnung zu sehen.²

Anfang der 1960er-Jahre stand die Altersnachfolge für Herrn Müller an. Er war mittlerweile im 72. Lebensjahr und beabsichtigte, das Unternehmen an Herrn Kurt Pilz zu übergeben. Dieser kannte den „Labor- und Industriebedarf“ durch sein Studium des Gerberei-Ingenieurwesens am FILK und brachte die notwendigen chemisch-technischen Kenntnisse mit. So stellte Kurt Pilz am 27. Juli 1963 den Antrag auf Erteilung einer Gewerbeerlaubnis mit dem Zweck der Übernahme des Einzelhandelsgeschäfts mit Großhandel für „Laboratoriums- und Industriebedarf“. Im Antrag vermerkte er unter Warensortiment: „Apparate, Instrumente u. Geräte f. Chemie, Wissenschaft u. Forschung“. Eigentlich waren privat geführte Unternehmen in der sozialistischen Wirtschaft der DDR nicht vorgesehen, und so sah es zunächst nicht besonders gut für einen positiven Bescheid aus. Auch hier bewährte sich wieder die enge Verbindung zur Bergakademie, da sich führende Köpfe der Universität dafür einsetzten, dass das Unternehmen – entgegen der staatlichen Linie – fortgeführt werden durfte, da es „... das einzige derartige Fachgeschäft im weiten Umkreis ist...“³ und man sonst nicht gewährleisten könne, den Bedarf für Forschung und Lehre zu decken. Nach zähem Ringen dauerte es noch bis zum 3. Oktober 1963, bis die Gewerbeerlaubnis zur Übernahme letztendlich erteilt wurde.



Geschäftsanzeige im Jahre 1924 [1]

Anschließend war Kurt Pilz bestrebt, das Unternehmen auszubauen und beantragte schon drei Monate später die Genehmigung zur Erweiterung der Geschäftsfelder. In der Zwischenzeit hatten sich auch der Straßenname in Karl-Marx-Straße – dem damaligen Zeitgeist entsprechend – geändert, obwohl das Unternehmen selbst nicht erneut umgezogen war.

Am 1. Januar 1983 wiederum übergab Kurt Pilz, mittlerweile selbst 70-jährig, das Unternehmen an seinen Sohn, Hans-Ulrich Pilz, der sich entschloss, das Geschäft unter den schwierigen Bedingungen in der DDR privat weiterzuführen und so in der Familie zu halten. Nach der Übernahme stellte Hans-Ulrich Pilz einen Antrag auf Beschaffung eines



Foto: Thomas Pilz

Historisches Ladengeschäft auf der Burgstraße 50

Lieferwagens der Marke Barkas B-1000, der 1986 – für damalige Verhältnisse recht schnell – genehmigt wurde. Damit war die Möglichkeit geschaffen, den Bedarf, allen voran den der Bergakademie, noch besser zu decken. Zu jener Zeit war ja die Haupttätigkeit eines tüchtigen Unternehmers nicht der Verkauf, sondern eher die Beschaffung. Es bedurfte eines dicht geknüpften Netzwerks von Beziehungen, um die Artikel verfügbar zu machen, die die Bergakademie für Lehre und Forschung benötigte. So legte der B-1000 viele Kilometer auf DDR-Gebiet zurück, um spezielle Güter zu beschaffen. Meistens handelte es sich dabei um Posten aus geplatzen Exportaufträgen der Hersteller, die dann kurzfristig auf dem Binnenmarkt verfügbar wurden. Waren die Geräte erst einmal beschafft, war der Absatz garantiert, denn die Nachfrage war in diesen Zeiten chronisch größer als das Angebot.

Diese Situation sollte sich 1989/90 schlagartig ändern. Mit den 90er-Jahren des 20. Jahrhunderts stand dem Unternehmen die sicherlich schwierigste Zeit seiner Geschichte bevor. Alte Lieferanten brachen quasi über Nacht weg, und es galt, Neue zu finden. Gleiches galt für viele der Kunden. Zudem musste ein Technologiesprung von mehreren Jahrzehnten in kürzester Zeit gemeistert werden. Diverse Analysenmethoden und Geräte wurden durch neue, westliche Standards ersetzt. Auch über diese schwierige Zeit hinweg trug die Partnerschaft mit der Bergakademie. Von hier kamen wichtige Informationen über neue Methoden und Gerätschaften, und es gab gleichzeitig enormen Bedarf. Hans-Ulrich Pilz nutzte sein Netzwerk,

um Beziehungen zu westlichen Laborgehätereherstellern zu knüpfen. Anfangs war es nicht leicht, zu vermitteln, dass es hier in Freiberg seit den 1920er-Jahren einen alteingesessenen Laborfachhändler gab, der auch über die DDR-Zeit hinweg in Familienbesitz war und auch zukünftig ein verlässlicher Handelspartner sein würde. Umfangreiche Korrespondenz aus dieser Zeit des Neustarts zeugt noch davon.

1993 hatte man die ärgsten Wirren hinter sich, und man konnte berechtigte Hoffnungen hegen, dass die Firma auch weiterhin Bestand haben würde. Daher entschloss sich Maria Pilz, Diplomchemikerin und Absolventin der Bergakademie, ins Familienunternehmen einzusteigen und mitzuhelfen, es unter den Rahmenbedingungen der neuen Zeit neu aufzubauen. Das erste Jahrzehnt nach der politischen Wende war geprägt von zahlreichen technischen und organisatorischen Erneuerungen, die den Grundstein für die Zusammenarbeit im Rahmen künftiger Kunden- und Lieferantenbeziehungen legten. Die Einführung eines modernen Computersystems verband sich mit einer Neustrukturierung der Artikelstammdaten und der umfangreichen Lagerhaltung. Gleichzeitig nutzte das Ehepaar Pilz die neuen Möglichkeiten dazu, für das Geschäft ein zusätzliches Dienstleistungsstandbein aufzubauen, indem es nun auch die Planung und Ausstattung von kompletten Laboren nach Kundenanforderungen übernahm. Dieser Wandel im Geschäftsprofil erforderte auch einen Aus- und Umbau der Geschäftsräume in der Burgstraße 50. Aus diesem Grund entschloss sich die Familie Ende der 1990er-Jahre

zu einem modernisierenden Ausbau der alten Geschäftsräume. Das Ladengeschäft sollte dabei mit seiner Historie und seinem Charme für den Direktkontakt zum Kunden erhalten bleiben.

Ende 2010 stand eine weitere Übergabe der Firma an Hans-Ulrich Pilz hatte das 65. Lebensjahr erreicht, nachdem er das Unternehmen 27 Jahre lang mit Erfolg durch zwei Staatssysteme geführt hatte. Sein Sohn Thomas Pilz trat die Inhabernachfolge an und führt nun die Firma zusammen mit seiner Schwester Ulrike Wegerdt.

Gemeinsam wird nun das Unternehmen sukzessiv neu ausgerichtet und für die Zukunft gerüstet, ohne dabei den Bezug auf die lange Unternehmenstradition zu verlieren. Mit den Bereichen „Technischer Laborservice“ sowie „Schulung und Beratung“ entstanden zwei neue Geschäftsfelder, die die bisherigen ergänzen. Im Vertrieb haben wir uns weiter geöffnet und eine Vielzahl neuer Kunden im weiteren Umfeld hinzugewonnen. Die Schwerpunkte liegen dabei in den Regionen Dresden, Chemnitz, Leipzig; aber zunehmend kommen auch Kunden aus der gesamten übrigen Bundesrepublik hinzu. Auch einzelne Projekte im Ausland wurden bereits abgewickelt.

Die enge Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie wird selbstverständlich weitergeführt und noch vertieft. Für zahlreiche Institute ist die Firma Labor-Pilz nach wie vor erste Bezugsquelle, wenn es um die Beschaffung von Verbrauchsmaterialien, technischen Apparaten und Gerätschaften geht. Auch die Ausstattung kompletter Laboratorien wurde schon in Auftrag genommen. Darüber hinaus gibt es Kooperationen bei vielen offiziellen Veranstaltungen, wie beispielsweise dem Tag der Sachsen, der Nacht der Wissenschaften und dem Bergstadtfest. Die Firma unterstützt außerdem uni-interne Veranstaltungen, wie den NaWi-Cup, Fachschaftsabende oder verschiedene Symposien. Besonders hervorzuheben ist der Gemeinschaftsstand mit der Fakultät für Chemie und Physik zum jeweiligen Bergstadtfest: Hier werden jedes Jahr gemeinsam interessante Experimente der Öffentlichkeit vorgeführt, und potenzielle Studienanfänger können sich direkt über die einschlägigen Fachrichtungen informieren. Auch beim 250-jährigen Jubiläum der Bergakademie im Jahr 2015 zeigte sich einmal mehr die enge Zusammenarbeit, als sich die Firma Labor-Pilz auf der Wissenschaftsmeile vor

¹ Kontakt: Labor-Pilz, Labor- und Industriebedarf e.K., Burgstraße 50, 09599 Freiberg, Tel. +49(0)3731 23833, Fax +49(0)3731 217187, E-Mail: info@labor-pilz.de, www.labor-pilz.de

² Schwanke, Karsten: „abenteuer wissen“, unter www.zdf.de (abgerufen am 05.04.2011)
³ Quelle: Antrag Geschäftsübernahme 25.07.1963



Ulrike Wegerdt (geborene Pilz) und Thomas Pilz

ihren Geschäftsräumen auf der Burgstraße gemeinsam mit dem Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik präsentierte.

Ausblick

Das Unternehmen „Labor- und Industribedarf“ hat genau wie die Bergakademie Freiberg die Weimarer Republik, das NS-Regime, die DDR-Zeit und nun schließlich die Bundesrepublik im Rahmen des vereinigten Europas erlebt und damit mehrere Staats- und Gesellschaftssysteme überdauert. Man hat viele Krisen gesehen, war Zeuge von Staatszusammenbrüchen und Inflationsjahren. Es gab Zeiten des Wachstums und der Prosperität wie auch Zeiten des Chaos und der Not. Beide Institutionen haben es immer wieder geschafft, sich neu auszurichten und für die Zukunft zu rüsten. Schlüssel dieses Erfolges waren und sind für die Firma Labor-Pilz vor allem loyale Beziehungen zu ihren Kunden, namentlich die mit der Bergakademie. Diese partnerschaftliche Beziehung besteht nun schon über neun Jahrzehnte hinweg und ist damit zweifellos eine der ältesten unseres Unternehmens. Es haben sich an vielen Punkten der Zusammenarbeit fruchtbare Symbiosen entwickelt, die über das rein Geschäftliche hinausgehen. Labor-Pilz und die TU Bergakademie, die Bergakademie und der Bergbau, der Bergbau und Freiberg sind nach wie vor eng miteinander verknüpft, und wir arbeiten gemeinsam daran, den über Jahrzehnte gegangenen Weg auch in Zukunft erfolgreich fortzusetzen.

Glück auf!

Quellen

- 1 Einwohner- und Auskunftsbuch der Stadt Freiberg 1924/25, Buchdruckerei und Verlagsanstalt Ernst Maudisch, Freiberg, 1924.
- 2 Die Bergstadt Freiberg i. Sa. und ihre Umgebung, Deutscher Architektur- und Industrie-Verlag Berlin-Halensee, 1926.

60 Jahre Studiengang Chemie, 20 Jahre Studiengang Angewandte Naturwissenschaft, fünf Jahre Masterstudiengang Photovoltaik und Halbleitertechnik

Klaus Bohmhammel

Die Fakultät für Chemie und Physik feierte am 24. September ein fulminantes Jubiläum: 60 Jahre universitäre Chemieausbildung, 20 Jahre universitäre Ausbildung Angewandte Naturwissenschaft und fünf Jahre Masterstudium Photovoltaik und Halbleitertechnik. Aus diesem Anlass trafen sich ca. 300 Absolventen sowie ehemalige und jetzige Mitarbeiter der Fakultät nachmittags zunächst zu einer Vortragsveranstaltung und abends zu einem festlichen Event in der Alten Mensa.

Eröffnet wurde das Treffen durch Projektor Prof. Broder Merkel, der die Teilnehmer begrüßte, die Rolle und die Entwicklung der Fakultät im Kontext mit den Perspektiven unserer Universität würdigte. Er zeigte sich überzeugt davon, dass zum nächsten Jubiläum in fünf Jahren zwei neue Labortrakte und ein rekonstruierter Winkler-Bau zu besichtigen sein werden.

Nach der Fertigstellung des Winkler-Baus an der Leipziger Straße in den Jahren 1952 bis 1955 genehmigte das Ministerium für Berg- und Hüttenwesen (nicht das für Hochschulwesen) 1956 die Fachrichtung „Chemiker für die Montanwirtschaft“. Zunächst durften nur zehn Studenten immatrikuliert werden. Ihre Zahl stieg aber kontinuierlich, erreichte in den 1970er-Jahren mit fast 100 einen Höhepunkt. Gegenwärtig beginnen jährlich ca. 50 Studenten das Chemiestudium – ein Zeichen für die hohe Attraktivität des Chemiestudiums an der TU Bergakademie. Wesentliche „Zugpferde“ sind das nach modernsten Richtlinien erbaute und eingerichtete Laborgebäude, das vorrangig für die Ausbildung genutzt wird, die frühzeitige Integration der Studenten in die auf Zukunftsthemen ausgerichtete Forschung und die vielfältigen persönlichen förderlichen Kontakte zwischen Lehrkörper und Industrie.

Die Einrichtung des Studiengangs Angewandte Naturwissenschaft nach der politischen Wende 1990 resultierte aus der Notwendigkeit, das Ausbildungsspektrum der neu gegründeten Fakultät für Chemie und Physik auch im Sinne der Einheit von Lehre und Forschung zu erweitern. Im Jahre 1996 wurde unter dem integrierenden Dach des Interdisziplinären Zentrums (IÖZ) diese deutschlandweit einmalige Fachrichtung etabliert. Parallel

dazu wurden die Fachrichtungen Geoökologie (Gök) und Umweltengineering (UWE) eingerichtet. Die förderliche konstruktive Einflussnahme des damaligen Ministerpräsidenten Sachsens, Prof. Kurt Biedenkopf, stimulierte wesentlich die Gründung dieser drei neuen Studiengänge. Der Studiengang Angewandte Naturwissenschaft zeichnet sich durch die hohe Interdisziplinarität seiner Studieninhalte aus (Chemie, Physik und (Mikro-)Biologie). Dieses in Deutschland unikale Studium stellt an den Lehrkörper hohe Anforderungen.

Die Einrichtung des Masterstudiengangs Photovoltaik und Halbleitertechnik vor fünf Jahren war auch eine Konsequenz des Forschungs- und Personalbedarfs der Halbleiterindustrie im Territorium Freibergs. Sie findet ihren Niederschlag unter anderem in der intensiven Zusammenarbeit unserer Universität mit den drei zukunftsorientierten Freiburger Betrieben: Deutsche Solar (Solarmodule), Siltronic (Silizium-Wafer) und Freiberg Compound Materials (Galliumarsenid-Wafer).

Zu Beginn der Vortragsveranstaltung stellte der Dekan der Fakultät, Prof. Jens Kortus, die in den letzten fünf Jahren berufenen Professoren vor: Monika Mazik (Organische Chemie), Roman Gumeniuk, (Experimentelle Physik) und Markus Valtner (Physikalische Chemie II). Die Professoren Gero Frisch (Anorganische Chemie), Johannes Heitmann (Angewandte Physik) und Hermann Ehrlich (Biomaterialogie und Extreme Biomimetik) gaben in experimentell unterstützten Vorträgen interessante Einblicke in ihre Forschungsgebiete.¹ Dr. Wolfram Palitzsch – Promovend unserer Fakultät und erfolgreicher Chemiker in der mittelständischen Industrie – stellte in seinem Vortrag Beispiele für die kreative Entwicklung von Recycling-Strategien vor.

Das Treffen fand seinen Abschluss mit einem Gesellschaftsabend in der Alten Mensa. Die gelungene Veranstaltung war auch ein Zeichen der Nachhaltigkeit in der Alumni-Arbeit an unserer Fakultät und motivierte – Organisatoren und Gäste – zur Wiederholung des Treffens nach fünf Jahren.

¹ Vgl. auch Beitrag von J. Heitmann et al. in diesem Heft.

Hundert Jahre Abraham-Gottlob-Werner-Bau

Götz P. Rosetz, Gerhard Heide

Am 29. Juli 1916 war es soweit, der sächsische König Friedrich August III. besuchte Freiberg anlässlich des Festakts zum 150. Gründungsjubiläum der Königlich Sächsischen Bergakademie und nahm nach der Festveranstaltung die Einweihung des neuen Mineralogisch-Geologischen Instituts, heute der Abraham-Gottlob-Werner-Bau, vor.



Abb. 1: Einweihung des neuen Instituts am 29. Juli 1916

Die Vorgeschichte zu diesem Neubau reichte zehn Jahre zurück. Richard Beck (1858–1919), Professor für Geologie und Lagerstättenkunde, fand die räumliche Situation für das Institut – es war im jetzigen Hauptgebäude untergebracht – unerträglich und beschwerte sich beim Rektor Prof. Erwin Papperitz (1857–1938). Dieser forderte ihn auf, einen detaillierten Bericht zu erstellen.

Im Jahre 1907 übergab Beck einen achtseitigen Bericht über die prekäre Raumsituation, der zugleich die Notwendigkeit für einen Neubau begründete [1]. Diesen Bericht schickte Papperitz am 13. April 1910 an das Finanzministerium nach Dresden. Es folgten noch weitere ähnliche Briefe der Rektoren Theodor Erhard (1839–1919) vom 27. Juli 1910 und Emil Treptow (1854–1935) vom 28. November 1910, bis vom Finanzministerium ein

positives Signal kam. Man muss wissen, dass in jenen Jahren das Schicksal der Bergakademie Freiberg – sollte sie eigenständig bleiben oder der TH Dresden angegliedert werden – offen war. Ende des Jahres 1910 fiel wohl in Dresden die Entscheidung: Freiberg bleibt eine eigenständige Einrichtung. Die Gründe hierfür sind nicht geklärt; möglicherweise steht dies in Zusammenhang mit den kolonialen Bestrebungen des Deutschen Kaiserreichs; die Abteilung Freiberg der Deutsche Kolonialgesellschaft ist beispielsweise 1907 aktiv geworden.

Nun gab es endlich etwas Bewegung hin zum Neubau eines Instituts in Freiberg. Der Finanzminister Ernst von Seydewitz (1852–1929) beabsichtigte, im Haushalt 1912/13 „die Frage eines zur Erhaltung der Akademie erforderlichen Ergänzungsneubaus für die Zwecke der Akademie in Erwägung zu ziehen“ [2]. Diese Mitteilung wurde vom Oberbürgermeister der Stadt Freiberg, Heinrich Richard Haupt, mit großer Erleichterung aufgenommen, denn die fiskalischen Erbergwerke in und um Freiberg sollten am 1. Oktober 1913 geschlossen werden. Die Schließung der Gruben und die Verlegung der Bergakademie nach Dresden hätten für die Stadt Freiberg eine Katastrophe bedeutet.

Ende Dezember 1910 besuchte Finanzminister Seydewitz die Bergakademie in Freiberg, um vor Ort zu prüfen, ob ein Neubau nötig sei. Dann ging alles sehr schnell. Oberbürgermeister Haupt überzeugte die Stadträte, der kostenlosen Übergabe eines Grundstücks an den Staat für einen solchen Neubau zuzustimmen. Am 18. Februar 1911 schickte die Bergakademie den Entwurf für den Bau eines neuen

Instituts an die Abteilung II (Hochbauamt) des Finanzministeriums nach Dresden. Diesen Entwurf hatte der Professor für Baukunde an der Bergakademie Freiberg, Paul Roch, nach den Raumvorgaben von Prof. Beck, Geologie, Prof. Friedrich Kolbeck (1860–1943), Mineralogie, und des Leiters der Mineralien-Niederlage, Otto Karl Anton Köck, erstellt [3]. Er bildete die Grundlage für einen modernen Institutsneubau, der die Anforderungen an die Lehre, die Forschungstätigkeit und die Sammlungen gleichermaßen erfüllen würde. Auf dieser Grundlage erarbeitete das Hochbautechnische Büro des Finanzministeriums unter Leitung von Finanz- und Baurat Oskar Kramer einen ersten Bauvorschlag.

Die weiteren Planungen und Anpassungen an die verschiedenen Wünsche der künftigen Nutzer oblagen dem königlichen Landbauamt unter Leitung von Finanz- und Baurat Conrad Canzler (1853–1928). Sicher war es von Vorteil, dass die Professoren Beck und Kolbeck gemeinsam mit dem Baurat Canzler im Frühjahr 1911 eine Informationsrundreise zu den führenden geowissenschaftlichen Instituten in ganz Deutschland unternahmen. Die Oberbauleitung lag aber zunächst in den Händen des Leiters der Abteilung II im Finanzministerium, des Geheimen Baurats Karl Reichelt; später war sein Nachfolger Conrad Canzler.

Von den Stadträten waren verschiedene Bauplätze vorgeschlagen worden. Oberbürgermeister Haupt favorisierte den alten städtischen Bauhof an der Brennhausgasse. Das dortige Gebäude war 1900 abgebrannt, und die ganze Ecke bis hin zur Bebauung des Untermarkts bot einen trostlosen Anblick.



Abb. 2: Bauplatz des neuen Instituts, alter Bauhof in der Brennhausgasse



Schon am 21. April 1911 besichtigte der Geheime Baurat Reichelt den künftigen Bauplatz, wies auf eine notwendige geringfügige Vergrößerung hin und versicherte dem Oberbürgermeister, dass der Neubau architektonisch so gestaltet werden würde, dass die Ansicht des berühmten Domes nicht beeinträchtigt wird [4].

Nachdem das Königliche Finanzamt in Dresden sich im Juni 1911 für einen Institutsneubau ausgesprochen hatte, verging noch ein Jahr bis zum Baubeginn. In dieser Zeit wurde die Entwurfsplanung fertiggestellt. Die Stadt Freiberg schloss als Voraussetzung für die Etateinstellung am 26. Juli 1911 einen Vertrag über die Schenkung des Baulands an den Staatsfiskus, und schließlich das Wichtigste: Die Ständeversammlung in Dresden bewilligte die Finanzmittel. Diese erfreuliche Botschaft teilte der mit Freiberg eng verbundene Ministerialdirektor Dr. Georg Wahle vom Finanzministerium am 24. Mai 1912 Oberbürgermeister Haupt umgehend mit [4].

Dank der guten Vorbereitung konnte bereits im Juni 1912 mit der Herstellung der Baufreiheit auf dem Gelände des ehemaligen Bauhofs begonnen werden. Das Finanzministerium richtete in Freiberg ein Neubauamt ein, das der Bauamtmann und spätere Baurat Roßberg leitete. Ihm oblag die Feinplanung und die Bauüberwachung des gesamten Institutsneubaus einschließlich des Innenausbaus. Monatlich gingen Bauanzeigen an das Königliche Finanzministerium [3]. Die erste im Juli 1912 zeigt den Abriss von kleinen Gebäuden auf drei ehemaligen Parzellen an. Dann erfolgten die Beräumung des Geländes und Baugrunduntersuchungen mit einem 4,5 m tiefen Schurf. Der Baugrund war sehr kompliziert. Er bestand zum Teil aus mehr oder weniger angewittertem Gneis; zudem waren dort tiefe Keller mit den für Freiberg bekannten Anzuchten und außerdem noch Reste vom Altbergbau. Im Oktober 1912 waren alle Ausschachtarbeiten beendet, und man konnte mit dem Bodenfundament beginnen. Aus den weiteren Bauanzeigen geht hervor, dass nach einem Jahr das Gebäude im Rohbau eingerüstet und im August 1914 mit dem Einbau eines großen Aufzugs im Wesentlichen fertiggestellt war.

Es fehlte noch die zum Gesamtprojekt zählende Innenausstattung, vor allem die Vitrinen für die Sammlungen. Diese Aufgaben musste, nachdem Baurat Roßberg zum Militärdienst einberufen worden war, sein Nachfolger Regierungsbaumeister

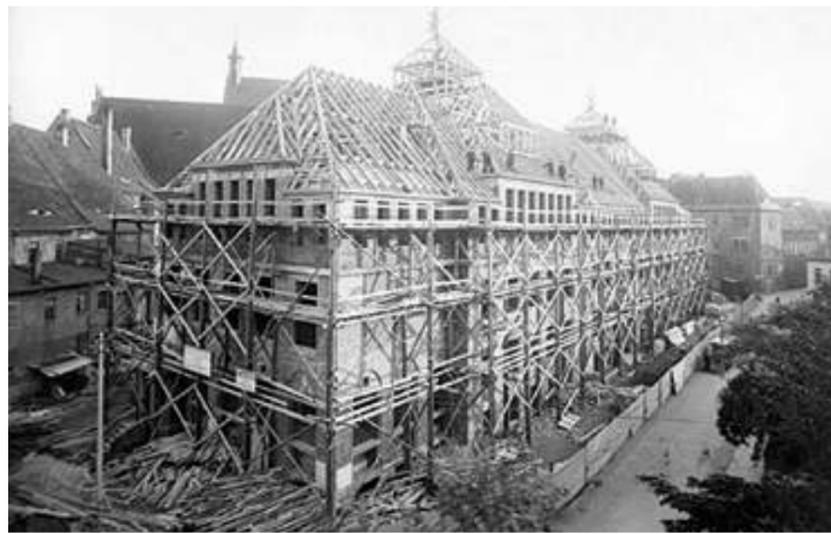


Abb. 3: Stand der Bauarbeiten im Juli 1913

Großmann ab Oktober 1914 lösen.

In nur zwei Jahren entstand so ein für Freiberg herausragender moderner Institutsneubau, der die Anforderungen der Geowissenschaften voll erfüllte. Äußerlich entsprach er mit seiner viereckigen, schlichten Form der neuesten Entwicklung in der Architektur, der sogenannten Reformarchitektur, die auch Baurat Oskar Kramer vertrat, der für den ersten Entwurf verantwortlich gewesen war. Auffallend an diesem Gebäude ist die Vielgliedrigkeit des Dachgeschosses. Entgegen statischen Gesichtspunkten wurden die Sammlungen im zweiten Obergeschoss untergebracht. Beck forderte immer wieder einen ausreichenden Lichteinfall, um die Sammlungen gut präsentieren und nutzen zu können. So wurde auch die erste Entwurfsplanung auf seinen Wunsch hin nochmals überarbeitet.

Zwei Grundgedanken beherrschten die Architekten bei der Entwurfsplanung: Zum einen viel Licht ins Haus zu lassen, also große Fenster, ein herausgehobenes Kellergeschoss – die Traufhöhe von 13 m musste eingehalten werden –, ein besonders gestaltetes Dachgeschoss, zum anderen schwere Lasten im ganzen Haus unterzubringen und auch transportieren zu können. Deshalb wurde hier, fast zeitgleich mit dem Bau des Königlichen Staatsarchivs in Dresden (Einweihung 1915) – erstmals in Sachsen – mit Eisenbeton ein neues Baumaterial eingesetzt. Die Ausführung der Deckenoberlichter in den Ausstellungsräumen erfolgte in Glaseisenbeton.

Das Innere des Gebäudes spiegelt ebenfalls diese Grundgedanken wider. Breite Treppen aus Lausitzer Granodiorit führen

zu hallenartigen Vorräumen. Das schlichte große Treppenhaus ist lichtdurchflutet und hat ein so beachtlich großes Treppenauge, dass im Jahre 2016 ein Aufzug eingebaut werden konnte. Aufzüge waren aber schon für den Neubau geplant, und es wurden zur Erleichterung des Gesteins- und Mineraltransports zwei Lastenaufzüge und ein kombinierter Personen-/Lastenaufzug eingebaut.

Das Treppenhaus bildet eine Symmetrieachse. Der nördliche Teil war für die Geologie und der südliche für die Mineralogie vorgesehen. Breite Mittelgänge ermöglichten das sichere Verkehren größerer Personengruppen zwischen den Lehrräumen und den Labors sowie auf kurzen Wegen auch den bequemen Transport von schweren Lasten. Im ersten Obergeschoss enden diese Mittelgänge vor den Eingangstüren zu Hörsälen mit einer Kapazität von über hundert Sitzplätzen; für die damalige Zeit waren das enorm große Hörsäle für die Bergakademie. Die Hörsäle haben leicht ansteigende Sitzreihen und waren mit Verdunklungseinrichtungen und Projektoren modern ausgestattet. Auch bei den übrigen Räumen, in den Labor-, Übungs- und Seminarräumen, wurde der neueste Standard eingehalten. Alle hatten elektrische Beleuchtung, Luftabsaugkanäle. Gasabzugsschränke waren in vielen Laborräumen vorhanden, dazu selbstverständlich Entnahmestellen für Gas und elektrischen Strom.

Der ansonsten so symmetrische Bau hat in seinem Nordteil drei Besonderheiten, die durch die Aufnahme der an der Bergakademie selbstständigen Mineralien-Niederlage – eines staatlichen Mineralhandels, der in seiner Art damals einmalig

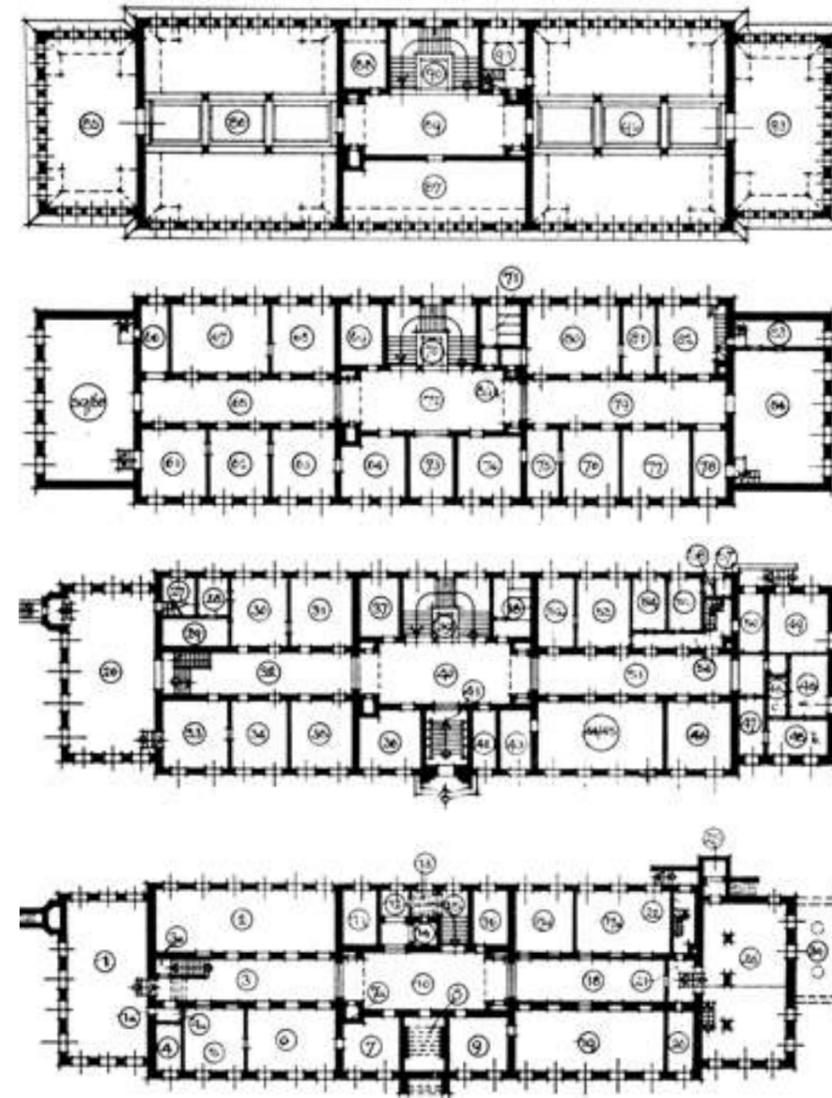


Abb. 4: Entwurfsplanung mit dem Stand zu Beginn der Bauarbeiten 1912 [1]

war und seit den Gründungsjahren der Bergakademie bestand – in den Neubau zustande kamen. Das sind der spezielle, ins Erdgeschoss führende Nebeneingang über eine Freitreppe an der Stirnseite des Gebäudes, die in diesem Bereich und über Eck in der Außenwand angebrachten Schaukästen und die Treppe, die in das Kellergeschoss zu den Depots führt. Im Südteil ist die Hausmeisterwohnung mit separatem Eingang untergebracht, die einen direkten Zugang zum Heizungskeller hatte.

Ziel war es ja, den Neubau in seinen äußeren Umrissen, in Form und Farbe seiner historischen Umgebung anzupassen. Das wurde durch die schlichte Form, den grauen Putz, das rote mit Holländer-Pfannen belegte Ziegeldach und vor allem durch den Verzicht auf jegliche Schmuckformen erreicht. Als einzige Schmuckelemente der

Vorderfront kann man, abgesehen von der Sandsteinverblendung des Kellergeschosses, den sandsteinernen Portalvorbau und die beiden kunstgeschmiedeten Fahnenhalter ansehen, die Sprüche des Freiburger Studenten Theodor Körner tragen.

Das Eingangsportal war zunächst als ein einfacher großer Sandsteinvorbau geplant. Dem kunstsinnigen Baurat Canzler gefiel diese Lösung nicht, und er setzte sich für ein bildhauerisch anspruchsvolles Sandsteinportal ein. Seine Bemühungen führten am 3. März 1913 zu einem Beschluss des Finanzministeriums über eine bildhauerische Gestaltung des Eingangsportals am Mineralogisch-Geologischen Institutsneubau [3]. Mit der Anfertigung des Entwurfs wurde der junge Dresdner Bildhauer Johannes Ernst Born (1884–1958) betraut. Born hatte bis 1908 an der Dresdner Königlich-Sächsischen-Akademie der



Abb. 5: Eingangsportal des Werner-Baus, 1926

Künste bei Georg Wrba (1872–1939) studiert. Sein Entwurf wurde angenommen, er bekam den Auftrag zur Ausführung und in der Bauanzeige vom Juli 1914 [3] wird die Fertigstellung des Portals dem Finanzministerium gemeldet. Das Eingangsportal mit den Köpfen der beiden berühmten Freiburger Mineralogen Abraham Gottlob Werner (1749–1817) und dessen Schüler Johann Friedrich August Breithaupt (1791–1873), mit den bergmännischen sowie geologischen Szenen und mit stilisierten Versteinerungsformen als Schmuckelemente ist sehenswert und lädt auch heute noch zum Besuch der Geowissenschaftlichen Sammlungen und des Instituts ein.

Auch die künstlerische Ausschmückung im Inneren des Gebäudes war zu Gunsten einer perfekten Funktionalität sehr zurückhaltend. Die meisten Räume erhielten einen lichtgrauen Wandssockel mit schwarzem Abschlussstrich, weiße Wand- und Deckenflächen sowie auch weiße Türen und Fenster. Alles wirkte hell und freundlich. Die beiden Professorenzimmer hoben sich von den übrigen Räumen durch farbige Tapezierungen mit dunkelgebeizten Wandverkleidungen und durch die Einrichtungsgegenstände [5] ab. In den meisten Räumen und Fluren wurde der Fußboden mit braunem oder grünem Linoleum belegt.

Das lichtdurchflutete Treppenhaus zieren heute nur noch die aus schmiedbarem Temperguss hergestellten Treppengeländer. Die großen Altmessingbeleuch-

tungskörper mit geblasenen Hohlglaseinsätzen wurden im Laufe der Jahre ersetzt. Kassierte Decken und steinmetzartig bearbeitete, achteckige, leicht gekehlte Betonpfeiler mit kleinen Kapitellen sind weitere architektonische Elemente. Die Eingangsbereiche zu den beiden Hauptsammlungssälen haben kleine Vorbauten mit Rundbögen. Diese romanischen und gotischen Stilelemente sind offensichtlich dem benachbarten Dom entlehnt.

Die Sammlungsräume mit ihren gläsernen Kassettendecken erhielten durch die heraldische Bemalung von zwölf speziell hergestellten Tragsteinen mit den Wappen der sächsischen Bergstädte eine zusätzliche künstlerische Belebung.

Die Landesstände hatten für den Neubau 462.000 Mark und für den Innenausbau 219.300 Mark bewilligt, also rund 680.000 Mark für den Gesamtneubau. Akribisch genau hielt sich das Finanzministerium an diese Summe. Vierteljährlich erfolgten die Abrechnungen [3]. Alle Zusatzforderungen wurden abgelehnt. Viele Freiburger Betriebe erhielten Aufträge vom Königlichen Neubauamt – planmäßig und ohne Kostenüberschreitung wurde das Gebäude erstellt.

Schwierigkeiten gab es bei der Innenausstattung; sie dauerte, den Umzug eingeschlossen, etwa genauso lange wie der Institutsbau. Die Gründe für diese lange Zeitspanne lagen vor allem im zähen Ringen der Freiburger Professoren mit dem Finanzministerium wegen der Kosten der Schauvitriolen in den Sammlungsräumen und letztlich wegen der durch die Kriegsauswirkungen bedingten Verzögerungen bei der Auslieferung und Montage der Schauschränke. Man hatte drei Angebote für die Schränke eingeholt, das mit Abstand teuerste wurde von der auf diesem Gebiet führenden Firma, August Kühnscherf und Söhne, abgegeben. Diese Dresdener Firma war spezialisiert auf eiserne Museumseinrichtungen und gab im Juni 1911 ein detailliertes Angebot ab. Es wurde vom Finanzministerium abgelehnt und erst nach schwierigen Verhandlungen erklärte sich dieses bereit, zunächst nur Probetypen von dieser Firma zu bestellen. Die Lieferung erfolgte Ende 1914 und zur Abnahme erschien neben den Professoren Beck und Kolbeck, dem Leiter des Neubauamts, Großmann, und dem Firmenchef, Kühnscherf, auch der oberste Vertreter des Hochbauamts, der Geheime Baurat Canzler. Zahlreiche Veränderungen bezüglich der Ausstattung, der Form und der jeweiligen Anzahl der Vitrinen wurden

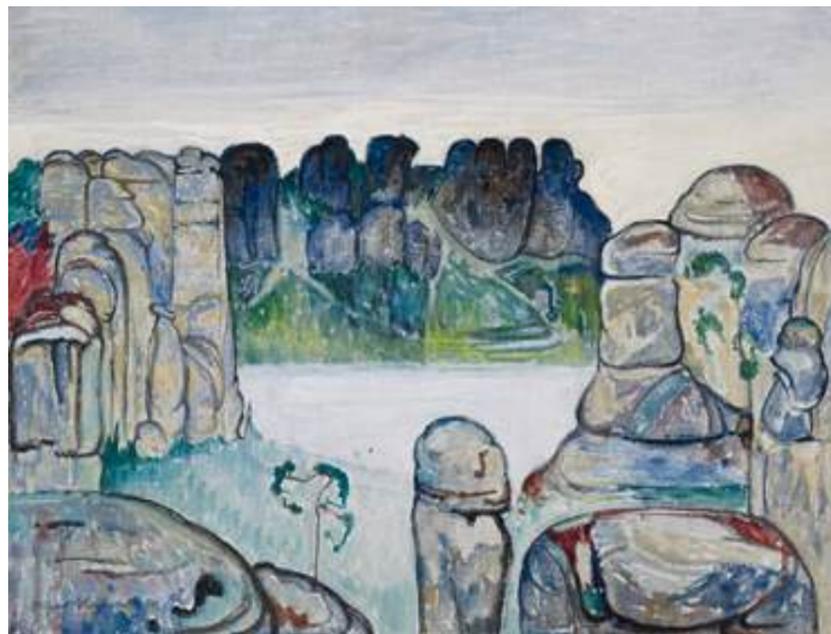


Abb. 6: Landschaftsbilder von Erich Buchwald-Zinnwald, Entwürfe für das Treppenhaus

in dem Protokoll vom 19. Februar 1915 festgelegt, ehe der Gesamtauftrag an die Firma Kühnscherf im gegenseitigen Einvernehmen vergeben wurde. Sieht man heute die Schauschränke nach 100 Jahren Gebrauch, so kann man nur staunen über die tadellose Funktionsfähigkeit und die zeitlose Eleganz.

Ein Vorschlag des Königlichen Neubauamts zur künstlerischen Ausschmückung des Haupttreppenhauses im Mineralogisch-Geologischen Instituts führte am 21. Januar 1915 zu einer verkürzten Wettbewerbsausschreibung durch den Akademischen Rat im Auftrag des Königlichen Sächsischen Innenministeriums.

Eingeladen zu diesem Wettbewerb waren nur vier Künstler (Prof. Pietschmann, Erich Meyer-Buchwald, August Wilkens und Ernst Walther). Die Finanzierung für solche Vorhaben in öffentlichen Gebäuden erfolgte über einen zentralen Kunstfond. Aus dem Wettbewerb ging schließlich Erich Meyer-Buchwald (1884–1972) mit seinen Landschaftsentwürfen als Sieger hervor [6]. Mit Erich Meyer-Buchwald bekam ein junger Absolvent der Dresdener Kunstakademie den Zuschlag. Sein älterer Bruder Gustav war damals schon ein bekannter Porträt- und Stilllebenmaler; beide waren Meisterschüler von Gotthardt Kuehl (1850–1915). Nach 1916 änderte

Erich Meyer-Buchwald seinen Namen, um sich von seinem Bruder zu unterscheiden; er signierte mit Buchwald-Zinnwald, weil er aus Liebe zu Zinnwald und aus Freude an der Landschaft zum Maler des Osterzgebirges wurde. Seine Entwürfe zum Auftragswerk für die Bergakademie – die Bildung und Gestaltung des Gesteins durch Wasser (Sächsische Schweiz) und die Bildung und Gestaltung des Gesteins durch Feuer (Geising im Osterzgebirge) – wurden im Kleinformat 520 × 640 mm² (Tempera auf Leinwand) im Dezember 1915 in der Aula der Kunstakademie Dresden zur Begutachtung durch das Finanzministerium, den Rektor der Bergakademie Freiberg und die Bergverwaltung ausgestellt [6]. Da es keine schwerwiegenden Einwände gab, begann der Künstler, die Bilder im großen Format 2,5 × 3,0 m² herzustellen. Seit 1917 bis zum Jahre 1952 hingen sie, mit einem schmalen glatten Rahmen versehen, im Treppenhaus des Instituts zwischen dem 1. und 2. Stock: an der Nordwand der Geisingberg bei Altenberg, gegenüber an der Südseite die Sächsische Schweiz.

Dann wurden die Bilder auf den Boden des Instituts verbannt, und an ihrer Stelle schuf der Chemnitzer Künstler Rudolf Kraus (1907–1988) zwei gleichgroße Fresken, die „Geologen bei der Feldarbeit an einem Schurf“ auf der nördlichen Treppe und gegenüber „Mineralogen bei der Analyse von Mineralen im Labor“ darstellen. Kraus hatte von 1926 bis 1928 an der Staatlichen Akademie für Kunst und Kunstgewerbe in Breslau studiert und war freischaffender Künstler in und um Chemnitz. In Freiberg erinnert noch das Riesengraffiti an der Dresdner Straße am Haus des Malermeisters Karbe an ihn. Seine beiden Graffiti im Treppenhaus des Werner-Baus wurden bei einer Renovierung Anfang der 1980er-Jahre übermalt.

Relativ spät, erst 1915, verfolgte Prof. Beck die Idee, den Eingangsbereich zu seiner paläontologischen Sammlung im Mittelteil des 2. Stocks als Blickfang zu gestalten. Für Beck als Freiburger Geologen kam als Vorlage nur der von den Professoren Cotta und Heuchler geschaffene Entwurf für ein fiktives geologisches Museum in Frage, veröffentlicht 1852 im Band „Geologische Bilder“. Klar war ihm auch, dass er für ein solches Vorhaben vom Finanzministerium keinen Pfennig bekommen würde. So suchte er einen Geldgeber und fand ihn in Oberbergrat Richard Baldauf (1848–1931), Dresden. Baldauf, ein Absolvent der Bergakademie, erfolgreicher Bergbauunternehmer,



Abb. 7: Treppenhaus-Fresken von Rudolf Kraus [1]

berühmter Mineralsammler und großzügiger Sponsor, sicherte ihm 4.000 Mark für das Cotta-Portal zu. Becks Antrag, vom Rektor Kolbeck an das Finanzministerium weitergeleitet, fand beim Baurat Canzler Zustimmung, aber nur unter der Bedingung der vollständigen

Eigenfinanzierung. Das Neubauamt stellte eine Bauzeichnung nach der Vorlage her [7] und gab einen Kostenvoranschlag ab. Wegen der mit 5.100 Mark berechneten Kosten schlug Canzler vor, die Paradiesszene im Bogenfeld zunächst wegzulassen. Nach Eingang des Geldes von 4.100 Mark im



Abb. 8: Cotta-Portal im Werner-Bau, rechts die Vorlage von Cotta (Ausschnitt) [1]

Finanzministerium wies der Leiter der Abteilung II, Dr. Wahle, am 9. Juni 1915 das Neubauamt an, den Bau des Portals ohne Ausfüllung des Bogenfeldes vorzunehmen [6]. Da der Innenportalbau aus mattgrauem Kunststein bestehen sollte, beauftragte man den schon bewährten Bildhauer und Steinmetz Born mit der Modellierung der Formen. Die Firma Gielsdorf in Dresden übernahm die Herstellung und Feinbearbeitung des ornamentreichen Portals. Die filigranen Türbeschläge fertigte die über die Grenzen hinaus bekannte und heute noch wirkende Dresdner Kunstschmiede Max Großmann an. Beck konnte offensichtlich seinen Sponsor Baldauf noch überzeugen, das Bogenfeld mit einem Gemälde auszufüllen, um eine größere Ähnlichkeit mit der Vorlage von Cotta zu erreichen. Dieses ins Bogenfeld eingepasste Ölgemälde mit der Paradiesszene wurde von Ernst Walther (1858–1945) aus Loschwitz bei Dresden geschaffen [7].

Interessant ist ein Vergleich der Vorlage mit der von Cotta und Heuchler – bei Cotta dominiert Adam. Walther war zu jener Zeit schon ein gestandener Kunstmaler und Innenarchitekt. Er hatte von 1877 bis 1882 an der Berliner Kunstakademie studiert, war dann nach Dresden gezogen und lebte im Loschwitzer Künstlerhaus. Wie bereits beschrieben, nahm er auch an der Ausschreibung zu den Treppenhausbildern teil. Übrigens wurde im Jahre 1945 das Bogenbild aus dem Portal herausgenommen und auf dem Boden des Instituts verwahrt. Erst bei der Neueindeckung des Daches Ende der 1970er-Jahre wurde es wiederentdeckt und an seinem ursprünglichen Ort angebracht [8].

In seiner 100-jährigen Geschichte hat das Gebäude äußerlich nicht viele Veränderungen erfahren. Lediglich das rote Ziegeldach wurde in den 1970er-Jahren durch ein grau-schwarzes Schieferdach ersetzt. 2016 gab es einen freundlichen hellbeigen Farbanstrich, angelehnt an die Farbigkeit



der Zuschlagstoffe des originalen Scheibenputzes [9]. Im Inneren dagegen wurden aus verschiedenen Gründen zahlreiche Umbauten vorgenommen. Vieles musste jeweils auf den neuesten Stand gebracht bzw. den Erfordernissen angepasst werden. Große Veränderungen folgten auch 1955 nach dem Auszug der Mineralien-Niederlage in die Brennhausgasse 5, bzw. deren Schließung, und drei Jahre später nach dem der Geologie in den Neubau des Instituts für Geologie, den Humboldt-Bau, in der Bernhard-von-Cotta-Straße. Damit war die Möglichkeit gegeben, die Übungsräume zu erweitern und neue moderne Labore einzurichten.

Im Jahre 2013 begann der Freistaat Sachsen mit einer den neuesten Sicherheitsstandards entsprechenden, notwendigen Brandschutzmaßnahme, die 2016 abgeschlossen werden soll. Das Gebäude, seit 1961 Abraham-Gottlob-Werner-Bau genannt, erstrahlt nun auch wieder in zeitloser Schönheit und Funktionalität, die die Einheit von Lehre und Forschung, grundlegend für eine Universität, und die Einheit von Wissenschaft und Sammlungen, unverzichtbar für die Wissenschaftsgebiete Mineralogie und Geologie, perfekt gewährleistet. Der Abraham-Gottlob-Werner-Bau

ist als öffentliches Gebäude auch mit seiner Lage Bindeglied zwischen dem Stadtzentrum und dem Campus.

Die Autoren danken Dr.-Ing. Klaus Irmner für die Recherche im Kupferstichkabinett der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden.

Quellenverzeichnis

- 1 Akten im Sammlungsarchiv der Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg.
- 2 Freiburger Anzeigen- und Tageblatt, 18.12.1910.
- 3 Akten des Finanzministeriums im Sächsischen Staatsarchiv Dresden Nr. 2142, Bestandsnummer 10851.
- 4 Akten des Stadtrates zu Freiberg die Beschaffung eines Bauplatzes für den Erweiterungsbau Königlichen Bergakademie, Nr. 183, Sek. IX, Abt. I im Stadtarchiv Freiberg.
- 5 Friedrich Schultze und Gustav Meyer: Der Neubau des Mineralogisch-Geologischen Instituts der Bergakademie i. Sachsen. Zentralblatt der Bauverwaltung, Nr. 25, Berlin 1917.
- 6 Akten des Finanzministeriums im Sächsischen Staatsarchiv Dresden Nr. 2145, Bestandsnummer 10851.
- 7 Baldauf, Martin: Dr. Richard Baldauf (1848–1931). Seine Bedeutung für die Mineralogie, Jahrb. Staatl. Mus. f. Min. u. Geol. 1956/57.
- 8 Jentsch, Frieder: Das Cotta-Portal in Freiberg. Fundgrube, 1978, Heft 3/4, S.75–77.
- 9 Heidelmann & Klingebiel, Dresden, Denkmalpflegerische Zielstellung und Sanierungskonzeption Werner-Bau, 2007.

Aus dem Protokoll der Jahresmitgliederversammlung 2015

Begrüßung

Der geschäftsführende Vorsitzende des Vereins, Prof. Hans-Jürgen Kretzschmar, begrüßte die Versammlungsteilnehmer und dankte für das zahlreiche Erscheinen.

Im Gedenken an die verstorbenen Vereinsmitglieder erhoben sich die Anwesenden zu einer Schweigeminute.

Jahresbericht des Vorstands

Der Tätigkeitsbericht des Vorstands wurde von Prof. Kretzschmar vorgetragen.

Die Mitgliederzahl des Vereins beläuft sich auf 1206 persönliche und 95 juristische Mitglieder (Stand: 27.11.2015). Es wurden 81 neue persönliche Mitglieder aufgenommen, und es gab 12 persönliche Austritte, vier Austritte juristischer Mitglieder und sieben Sterbefälle.

Die Einnahmen des Vereins lagen mit Stand vom November 2015 bei 156 T€. Die Ausgaben (27.11.15) betragen 176 T€ (Plan 159 T€). Für das Jahr 2016 ist im Etatentwurf eine Beibehaltung der Ausgabenhöhe vorgesehen (Plan: Einnahmen und Ausgaben je 160 T€).

Schwerpunkte der Fördertätigkeit waren – wie in den vergangenen Jahren – Exkursionen, Stipendien, Tagungen und Kolloquien sowie Publikationen und Diplom- und Masterarbeiten. Für die Studienförderung wurde die geplante Summe von 28 T€ abgerufen.

Der Verein unterstützte die Vergaben des von-Oppel-Preises, des Weisbach-Preises sowie der sechs Agricola-Preise, überreicht in den Veranstaltungen zur Immatrikulationsfeier im Oktober und zur Absolventenverabschiedung im November.

Des Weiteren wurde über die auflagenfrei ausgegangene Finanzprüfung durch den Wirtschafts- und Steuerprüfer im Oktober 2014 informiert.

Prof. Kretzschmar würdigte besonders die Arbeit des Redaktionsteams für die wiederum hervorragend gelungene Ausgabe der Zeitschrift „ACAMONTA“ im Jubiläumsjahr 2015.

Der Geschäftsführer stellte das Präsenst des Vereins zum Jubiläum „250 Jahre Bergakademie Freiberg“ im Jahr 2015 vor: eine 2 m hohe stilisierte Figur der Heiligen Barbara im Foyer des Hauptgebäudes.

Prof. Kretzschmar informierte auch über den „Freiberger Gelehrtenzug“, der auf VFF-Anregung durch die Firma Siegfried Werner in Seiffen in elf künstlerischen Holzfiguren geschaffen wurde, darunter sind die der Gründer der Bergakademie von Opper und von Heynitz, die Geognosten Werner und Humboldt, die Romantiker Herder, Novalis und Körner sowie die Entdecker der chemischen Elemente Indium und Germanium, Reich, Richter bzw. Winkler. Dieser Zug vergegenständlicht – in Seiffener Volkskunst – den „Freiberger Gelehrtenweg“ als eine Stadtführungsrute. Prof. Kretzschmar berichtete außerdem über die erfolgreichen Gesprächsabende des Vereins für Studenten unter dem Motto „Alte Hasen diskutieren mit jungen Füchsen“ u. a. die Veranstaltung zum Thema „Geldnot? Fördertöpfe! – Wie der VFF deine Studien- und Forschungsaufenthalte unterstützt“.

Den Bericht des Rechnungsprüfers trug Herr Knüll vor. Die Finanzprüfung wurde durch den Wirtschaftsprüfer im November 2015 vorgenommen. Die Rechnungsprüfung, entsprechend den Grundsätzen für das Jahr 2014, ergab keine Beanstandungen. Der Rechnungsprüfer empfahl die Entlastung des Vorstands.

Der Jahresbericht 2015 und der Etatentwurf für das Geschäftsjahr 2016 wurden auf Antrag des Schatzmeisters des Vereins ohne Diskussionsmeldungen mit einer Stimmenthaltung verabschiedet. Der Antrag der Geschäftsführung auf Entlastung des Vorstands für das Geschäftsjahr 2014 wurde einstimmig angenommen.

Auszeichnungen und Ehrungen

Zur Auszeichnung mit dem Cotta-Preis wurden neun Diplom- und Masterarbeiten und 16 Dissertationen vorgeschlagen.

Die vom Verein gestifteten Bernhard-von-Cotta-Preise erhielten in der – **Kategorie I, Dissertationen:** Dr.-Ing. Michael Budnitzki, Fakultät 4, „Constitutive modeling and experimental investigations of phase transitions in silicon under contact loading“; Dr. rer. nat. Michel Oelschlägel, Fakultät 2, „Identification of bacterial styrene oxide isomerases and evaluation of their applicability for the environment-friendly synthesis of phenylacetaldehydes“

– **Kategorie II, Diplom- und Masterarbeiten:** Anne Förster, Fakultät 3, „Die neogene Foraminiferen-Mikrofauna am Capo San Marco (Sinis Halbinsel, Sardinien): Biodiversität, Biostrati-

graphie und paläoökologisch-paläogeographische Schlussfolgerungen“; Robert Merkelbach, Fakultät 3, „Technical & Economical Well and Completion Design Analysis for Rühlermoor Re-Development“

Die Preisträger stellten in kurzen, interessanten Vorträgen die Ergebnisse ihrer Arbeiten vor. Zudem wurde wiederum eine Ehrung von VFF-Mitgliedern, die vor 50 Jahren an unserer Universität promoviert haben, durch den VFF vorgenommen. Geehrt wurden: Dr. Wolfgang Liersch, Prof. Dr. Peter Seidelmann, Dr. Joachim Ulbricht, Prof. Dr. Manfred Walde, Prof. Dr. Jürgen Wiehe, Prof. Dr. Klaus Budde und Dr. Klaus Stürzebecher.

Heinisch-Stiftung

Die vom VFF betreute „Günter-Heinisch-Stiftung für die geowissenschaftlichen Sammlungen in Freiberg“ wurde am 17. März 2015 durch die Landesdirektion Sachsen bestätigt und nahm am 19. Mai 2015 in einer gemeinsamen Sitzung von Stiftungskuratorium und -vorstand ihre Arbeit auf. Das Stiftungsvermögen beträgt 1,55 Mio €, wovon eine jährliche Ausschüttung von max. 2 % angestrebt wird. Im Jahr 2015 konnten zwei Mineralstufen im Wert von 17,5 T€ für die mineralogische Sammlung erworben werden. Für die Jahre 2016 bis 2018 ist die Anschaffung einer einzigartigen Silberstufe im Wert von 50 T€ geplant, parallel zu einigen mineralogischen F/E-Projekten.

Künftig ist die Heinisch-Stiftung für Zustiftungen offen.

Abendliche Barbarafeier

Zur abendlichen Barbarafeier begrüßte Prof. Kretzschmar die Vereinsmitglieder und ihre Begleitung im Festsaal der Alten Mensa zum Fest der Heiligen Barbara.

Die Verleihung des „Ehrenarschleiders“ an Herrn Prof. Hans Michael Eblinger (Freiberger Brauhaus GmbH) und Herrn Siegfried Körber (Vattenfall Europe Mining AG) durch den Rektor und die „Berggeschworenen“ war ein Höhepunkt des Abends. Dem bekannten Journalisten, Publizisten und Autor Herrn Ulrich Grober wurde durch den Rektor ein Ehrenbergkittel verliehen. Der Altrektor, Prof. Bernd Meyer, würdigte in seiner Laudatio die Arbeiten von Herrn Grober zum Thema der Nachhaltigkeit und bedankte sich für die langjährige Unterstützung der Universität.

In einem launigen Bühnenprogramm gaben Frau Dr. Wesolowski (als Berg-

akademie im Rokokokostüm) und Herr Schmalz (als Thomas von Freiberg) einen heiteren Rückblick auf die 250 Jahre des Bestehens der Universität. Der „Bergmannsschmaus“ wurde – wie immer – sehr gut angenommen. Die abendliche Bergmusik mit dem „Bergmusikorps Saxonia Freiberg“ unter der Leitung von Dirigent Jens Göhler und der Gesang des Steigerlieds rundeten den Abend ab.

Vereinsaktivitäten 2016

Mitgliederstand

Der VFF hat gegenwärtig 1249 persönliche und 93 juristische Mitglieder, insgesamt 1342. Wir verzeichnen also seit Jahren einen kontinuierlichen Anstieg der Mitgliederzahl. Den 77 Eintritten seit der vorigen Mitgliederversammlung stehen 26 Austritte und zehn Todesfälle gegenüber. Die Geschäftsführung bittet alle Mitglieder um werbende Ansprache im eigenen Kollegenkreis.

Knapp zwei Drittel der Mitglieder sind über 50 Jahre, 15% sind Studierende und Absolventen im Alter bis zu 30 Jahren. Durch eine planvolle systematische Intensivierung der ALUMNI-Tätigkeit des Vereins möchte die Geschäftsführung noch mehr junge Absolventen für eine Vereinsmitgliedschaft werben.

Finanzen

Die Einnahmen und die Ausgaben des VFF bewegen sich auf Vorjahresniveau. Dankbar sind wir allen Spendern für deren zusätzliche Beiträge. Die Einnahmeposition „Sonstiges“ wird dominiert von den Personalkosten für die Stellen der ALUMNI-Beauftragten, die im TU-Auftrag in die VFF-Geschäftsstelle integriert sind. Etwa zwei Drittel der Vereinsausgaben (ohne die TU-Zweckprojekte) gehen direkt in die Förderung der TU Bergakademie ein (Pos. TU-Förderung und ALUMNI), ein Drittel wird für die Geschäftsstelle, für Publikationen und für die Finanzierung unserer Jahresveranstaltung benötigt.

Außer diesem Vereinshaushalt verwaltet der VFF noch Zweckprojekte für Forschung, Bildung und Begegnungsveranstaltungen unserer Universität mit einem jährlichen Budget zwischen 200 bis 300 T€. Zehn Förderkreise einzelner Institute bzw. Fachrichtungen pflegen das Begegnungsgeschehen. Die Rücklagen des Vereins schwanken um 60 T€ über das Jahr. Dank der Beiträge und Spenden der Mitglieder steht der Verein auch im Jahr

2016 auf stabiler finanzieller Basis – in Kontinuität zu den Vorjahren.

Publikationen

Die jährliche VFF-Hauptpublikation ist die jedem Mitglied zugehende Vereinszeitschrift ACAMONTA, die gemeinsam mit dem Rektor der TU Bergakademie herausgegeben wird. Dem Redaktionsteam ist wie stets sehr zu danken für die dahinter verborgene umfangreiche Detailarbeit.

Der Verein leistete finanzielle Unterstützung bei der Herausgabe folgender Bücher:

- Rainer Vulpius: Die Braunkohlenlagerstätten Deutschlands, ein Überblick. GDMB Verlag GmbH, Clausthal-Zellerfeld.
- Verein Freiburger Geotechnik e. V.: Die Geotechnik in Freiberg von den Anfängen unter Franz Kögler und Karl Kegel bis zur Gegenwart. Verlag TU Bergakademie Freiberg.

Die Manufaktur Siegfried Werner in Seifen bereitet die Erweiterung des „Freiberger Gelehrtenzuges“ um vier weitere Holzfiguren (Carlowitz, Gellert, Trebra, Weisbach) vor.

Alumni-Arbeit im FAN

Die Alumni-Betreuung der Bergakademie-Absolventen geschieht im Auftrag der Universität durch zwei hochmotivierte Alumni-Beauftragte im VFF. Obwohl FAN (Freiberger Alumni Netzwerk) und VFF organisatorisch selbstständige Institutionen sind, ergeben sich wegen der inhaltlichen Überschneidungen der zu erledigenden Aufgaben willkommene Synergieeffekte – dadurch, dass oft gemeinsame Veranstaltungen für Absolventen und Studierende der Bergakademie vorbereitet und durchgeführt werden. Das sind beispielsweise die studentischen Gesprächsabende, die jährliche Absolventenverabschiedung im November und die Verleihung der silbernen und goldenen Diplome. Eine ausführliche Darstellung dieser FAN-Arbeit finden Sie im Beitrag von S. Preißler und C. Bornkampf (siehe dazu auch den Beitrag ab S. 120. Diese Zusammenarbeit FAN/VFF hat sich bewährt und sollte fortgesetzt werden. Die VFF-Geschäftsführung bedankt sich bei beiden Alumni-Beauftragten, Frau Preißler und Frau Dr. Bornkampf, für ihr effektives Wirken.

Heinisch-Stiftung

Die Heinisch-Stiftung wird vom VFF-Vorstand als beispielgebendes Vorbild für

analoge Stiftungsaktivitäten betrachtet, wobei auch Zustiftungen möglich sind. Auf diesem Weg kann eine zusätzliche Finanzhilfe für die Pflege und Erweiterung der Geowissenschaftlichen Sammlungen – neben den Zuweisungen öffentlicher Mittel – gewährt werden.

Ausblick 2017

Der VFF-Vorstand, der zweimal im Jahr zusammentritt, und die Geschäftsführung, inbegriffen Frau Meister und die beiden Alumni-Beauftragten, werden im Jahr 2017 die Vereinsarbeit kontinuierlich auf solider Finanzbasis fortsetzen. Die Schwerpunkte der Förderaktivitäten sind:

- Förderung von Studierenden und Instituten in der Lehre,
 - Unterstützung und Verwaltung von Forschungs- und Weiterbildungsprojekten der Universität,
 - Erweiterung der Alumni-Arbeit
 - Rektorfonds, IUZ-Fonds,
 - Preisverleihungen,
 - Organisation von Informations- und Festveranstaltungen,
 - Publikationen,
 - Betreuung der Heinisch-Stiftung.
- Anregungen und Signale der Bereitschaft zur Mitwirkung im Rahmen dieser vielfältigen Vereinsarbeit werden gern entgegen genommen.

■ Hans-Jürgen Kretzschmar

Förderverein spendet Laptops an Studierende mit Flüchtlingsstatus

Der Verein Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg hat im Mai 2016 zwei Studierenden mit Flüchtlingsstatus Laptops überreicht - finanziert aus dem Fonds des „Barbara-Stipendiums“.

Aus diesem Fonds werden ausländische Studierende, die vor Krieg und Terror aus ihrem Heimatland geflohen sind, im ersten Jahr nach ihrer Immatrikulation gefördert.

Die Laptops erhielten Abu Erzhaev aus Tschetschenien, der im ersten Semester den Bachelor-Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen studiert, und Rabea Muhrez aus Syrien, Student des Masterstudiengangs Groundwatermanagement im zweiten Semester. Erzhaev ist seit 2014 in Freiberg und hatte bisher mangels eigener Technik im PC-Pool der TU Bergakademie gearbeitet. Muhrez – ebenfalls seit 2014 in Deutschland – lebte aber zunächst in Braunschweig: „Ich habe in Syrien schon meinen Bachelor-Studiengang Erdöltechnik abgeschlossen und wollte in Deutschland weiter auf diesem Fachgebiet studieren. Groundwatermanagement bietet nur



Der Schatzmeister des VFF, Prof. Horst Brezinski (links), und der Vorsitzende des VFF, Prof. Hans-Jürgen Kretzschmar (rechts), übergeben den Studenten Abu Erzhaev (links) und Rabea Muhrez die Laptops

die Universität in Freiberg an und deshalb wollte ich unbedingt hierher kommen. Ich fühle mich hier wohl und bin sehr gut aufgenommen worden.“ Auch er besaß bislang nicht die Technik, um optimal studieren zu können. Nach seinem Studium möchte er in der Erdölindustrie arbeiten. Abu Erzhaev und Rabea Muhrez freuen sich über diese Spende sehr: „Wir hoffen, dass wir der Universität das wieder zurückgeben können, was wir heute bekommen haben. Wir bedanken uns sehr bei den Spendern“, so Abu Erzhaev. Den Kontakt zwischen den beiden Studierenden und dem VFF vermittelte das Internationale Universitätszentrum (IUZ) der TU Bergakademie.

Dem VFF ist es ein wichtiges Anliegen, Studenten mit Flüchtlingsstatus konkret unter die Arme zu greifen, so der Vereinsvorsitzende Prof. Hans-Jürgen Kretzschmar: „Es sind oft auch kleine Dinge, mit denen wir helfen können, damit das Studium einfacher wird. Sobald die gesetzlichen Rahmenbedingungen es ermöglichen, werden wir Studierende mit Flüchtlingsstatus außer mit Sachspenden, auch mit Stipendien unterstützen. Ich bedanke mich im Namen des Vereins bei allen Spendern, die die Einrichtung des Fonds des Barbara-Stipendiums großzügig unterstützt haben.“

■ Ulf Walther

Pflege historischer Professoren-Gräber

Der Förderverein betreut im Rahmen seiner satzungsmäßigen Traditionspflege die historischen Professoren-Gräber auf dem Donatsfriedhof in Freiberg. Neben der gelegentlichen Grabsteinsanierung wird periodisch im Frühjahr und Herbst eine pflanzliche Grabstellenpflege durch Herrn Andreas Gerber, Mitarbeiter an der TU Bergakademie, durchgeführt. Der VFF ist Herrn Gerber sehr dankbar dafür, zumal kürzlich drei neue Grabstellen (Fritzsche, Liebold, Gretschel) in die Pflegeliste aufgenommen wurden. Das VFF-Buch „Bergakademische Professorengräber auf Freiburger Friedhöfen“ gibt einen Überblick zu allen in Betreuung des VFF befindlichen Gräbern. Die Geschäftsführung sucht interessierte Vereinsmitglieder, die an Hand dieses Buches einen gelegentlichen „Kontrollgang“ auf dem Donatsfriedhof unternehmen und auf erforderliche Restaurierungsarbeiten an Grabsteinen aufmerksam machen. Beispielsweise musste in diesem Jahr erschrocken festgestellt werden, dass der Grabstein von Oskar Zdralek drei Meter entfernt von der Grabstelle auf die umgebende Wiese abgeworfen worden war – vermutlich durch Vandalismus geschehen. Im Zusammenwirken mit der Friedhofsverwaltung wurde der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt.

■ Hans-Jürgen Kretzschmar



Die finanziellen Aufwendungen deckt der VFF aus der Position „Publikationen“, in die der frühere Grabstellenfonds aufgegangen ist. Spezielle Spenden für die Grabpflege werden aber gern entgegen genommen. Über die Erfüllung dieser Pflegeaufgabe unseres Vereins ist bisher nur selten berichtet worden.



Impressionen von der abendlichen Barabarafeier unseres Vereins am 27. November 2015

Von Vietnam bis Mosambik – das Freiburger Alumni Netzwerk lokal und global

Stefanie Preißler, Constance Bornkamp



Abb. 1: Die vietnamesischen Alumni vor einer Windkraftanlage/Windpark Zug

„In der Alumniarbeit wird ein starker Fokus auf die kontinuierliche Einbindung der internationalen Absolvent_innen gelegt.“¹ So ist es bereits in der Internationalisierungsstrategie 2020 der TU Bergakademie Freiberg fest verankert. In Erfüllung dieser Aufgabe lag vor allem im Jahr 2016 ein Schwerpunkt der Alumniarbeit bei den internationalen Absolventen.

In Kooperation mit dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD), dem Internationalen Universitätszentrum (IUZ), dem Freiburger Alumni Netzwerk (FAN) und einigen Lehrstühlen der TU Bergakademie Freiberg finden regelmäßig Alumni-Programme zur Betreuung und festeren Bindung der ausländischen Alumni an ihre Alma mater statt. Da die größte Absolventen-Gruppe mit rund 350 Mitgliedern in Vietnam aktiv ist, wo sich ein eigener Alumni-Club gegründet hat, bot es sich an, in Fortführung des Expertenseminars 2009 ein weiteres vietnamesisches Alumni-Symposium durchzuführen. Die Organisation übernahm das Institut für Wirtschaftsinformatik unter der Leitung

1 Internationalisierungsstrategie 2020, S. 5.
URL: <https://tu-freiberg.de/intranet/pdf/Internationalisierungsstrategie.pdf>

von Prof. Carsten Felden. Gefördert wurde das Symposium vom DAAD aus Mitteln des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung sowie des Vereins Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg (VFF). 23 vietnamesische Absolventen folgten der Einladung nach Freiberg. Vom 6. bis 10. Juni 2016 diskutierten sie zum Thema „Erneuerbare Energien, Recycling und Umweltschutz“ über Herausforderungen für die Volkswirtschaft Vietnams und die einschlägigen Potenziale des Landes. Das fünftägige Programm umfasste unter anderem eine Führung durch das Historicum der Bergakademie sowie Exkursionen zum Thema „Alternative Energien“ (Abb. 1). Dabei nutzten die Teilnehmer den zeitgleich stattfindenden 67. Berg- und Hüttenmännischen Tag (BHT), die größte jährliche Fachkonferenz der Freiburger Universität dazu, mit anderen deutschen und internationalen Experten ins Gespräch zu kommen. Da die Alumniarbeit der Bergakademie darauf abzielt, das gute Image der Universität national und international zu festigen, unterzeichnete Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht im Rahmen dieses Alumni-Symposiums am 6. Juni eine

Absichtserklärung, auf deren Grundlage die Zusammenarbeit zwischen Vietnam und der Universität im Rohstoffbereich weiter intensiviert werden soll.²

Auch andere Lehrstühle der Universität engagierten sich in diesem Jahr in der internationalen Alumniarbeit, wie beispielsweise der von Prof. Jan C. Bongaerts mit der Durchführung seines DAAD-Alumni-Seminars „Energiewende – Insights in energy policy, energy technology and energy innovation“. Das Seminar fand vom 17. bis 28. April 2016 zunächst in Freiberg statt, gefolgt von einem Besuch der Hannover Messe.

Zur allgemeinen Kontaktaufnahme sind in der zentralen Datenbank des FAN bislang 271 ausländische Alumni registriert.³ Zusätzlich betreuen die zwei Alumni-Beauftragten die Absolventen über Social-Media-Kanäle, wie XING (deutschsprachig), LinkedIn (englischsprachig) oder Facebook (überwiegend deutschsprachig). Auch andere Kommunikationsmedien, wie Flyer, der Alumni-Newsletter TUBALUM oder die Homepage,⁴ sind jeweils in englischer Sprache verfügbar. Zudem bietet das FAN den Studierenden die Möglichkeit, über eine direkte Kontaktaufnahme mit den Alumni-Botschaftern Wege zur Verbesserung der Studierendenmobilität zu eruieren. Aktuell sind 27 Alumni-Botschafter in 20 Ländern aktiv.

Ergänzt wird das Angebot durch drei Alumni-Vereine bzw. Clubs: in Vietnam, der Mongolei und in Mosambik. Jüngster Zuwachs ist eben jener Verein Freiburger Alumni in Mosambik, in dem sich seit Mai dieses Jahres 17 Absolventen in Maputo organisieren, um die Verbindung nach Freiberg zu halten und sich fachlich auszutauschen. Bei dessen Gründung war Prof. Carsten Drebenstedt als Vertreter der TU Bergakademie Freiberg zugegen (Abb. 2). Ein Mitglied dieses Alumni-Vereins ist Herr Obete Matine, Freiburger Absolvent der Studienrichtung Bergbau-Tiefbau und Generalinspektor im mosambikanischen Bergbauministerium.⁵

2 Ausführliche Pressemitteilung dazu unter: <http://tu-freiberg.de/presse/vietnamesisches-alumni-symposium-zu-erneuerbaren-energien-recycling-und-umweltschutz>

3 Stand: 12.07.2016. Die Gesamtzahl der Registrierungen beträgt demgegenüber 5138 Alumni.

4 <http://tu-freiberg.de/en/alumni>

5 Ausführliche Pressemitteilung dazu unter: <http://tu-freiberg.de/presse/verein-freiburger-alumni-in-mosambik-gegruendet>



Abb. 2: (v.l.) Der mosambikanische Minister für Wissenschaft, Hochschul- und Berufsbildung, Prof. Dr. Jorge Nhambiu, mit Prof. Dr. Carsten Drebenstedt von der TU Bergakademie Freiberg



Abb. 3: „Report vor Ort“ mit Dr. Anita Erbe-Tolls auf der Karriere-messe ORTE im Juni 2016

Mit der Alumni-Veranstaltungsreihe „Report vor Ort – Alumni berichten aus der Praxis“ in Kooperation mit dem Career Center ist es 2016 gelungen, international aktive Alumni der Bergakademie in die Hochschularbeit einzubeziehen. Zur Sommer-ORTE „Lokal – Global: Karriere weltweit“ am 15. Juni 2016 sprach Dr. Anita Erbe-Tolls, selbst Alumna der Bergakademie sowie Certified Project Management Associate (IPMA) und Managing Director of Erbe Investment Consulting, über ihre beruflichen Auslandserfahrungen (Abb. 3).

Der praxisbezogene Vortrag „Working in Finance & Investment in New York, Moscow, and Baku – what to expect and what to avoid“ richtete sich gezielt an deutsche und internationale Studierende, die eine Karriere im Ausland planen. Die Referentin stellte ihren bisherigen Karriereweg und ihre persönlichen Erfahrungen in den drei Metropolen vor. Mit viel Humor und praktischen Tipps erläuterte Dr. Anita Erbe-Tolls die „Dos and Don'ts“ im Hinblick auf die jeweilige, das Arbeitsleben prägende Mentalität und

Bernhard-von-Cotta-Preis 2015: Technical and Economical Well & Completion Design Analysis for the Re-Development Rühlermoor¹ Robert Merkelbach²

Einführung

Deutschland ist reich an Rohstoffen! Neben Kalisalzen, Stein- und Braunkohle werden hier auch Erdöl & Erdgas gewonnen. Die deutsche Erdölindustrie förderte im Jahr 2015 ca. 2,4 Millionen Tonnen Öl und deckte damit 2 % des inländischen Bedarfs. Im Vergleich zu den weltweit größten Erdölfördergebieten ist es in Deutschland sehr viel aufwändiger und kostenintensiver, diesen Bodenschatz zu heben. Dies hängt zum einen mit der Maturität der Felder wie auch mit den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen

zusammen. Um auf dem internationalen Markt wettbewerbsfähig zu bleiben, hat sich die deutsche Erdöl- und Erdgasindustrie ein hohes Maß an Know-How erarbeitet.

In Deutschland schlummern durchaus erhebliche Erdölreserven, die durch den Einsatz moderner Techniken auch in Zukunft wirtschaftlich vertretbar und unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit ausgebeutet werden und zur Versorgungssicherheit im Land beitragen können.

Geschichte, Gegenwart und Zukunft des Feldes Rühlermoor

Das Feld Rühlermoor (Region Emsland, Niedersachsen) ist das größte Erdölforkommen auf dem deutschen Festland, aus dem seit 1949 gefördert wird. Von den ursprünglich 100 Millionen Tonnen Erdöl, die im Gestein gefangen waren, wurden bis dato 30 Millionen Tonnen gefördert.

nannte Kontaktstellen für Auslandspraktika bzw. den Einstieg in die internationale Finanz- und Investmentbranche. Im Anschluss an ihren Vortrag beteiligte sie sich zudem bei der Podiumsdiskussion „Globale Arbeitswelt: Einmal um den Globus – und zurück?“ auf der ORTE und diskutierte dort u. a. mit Veronica Motta, Bergakademie-Alumna aus Kolumbien und tätig im Human Resource Process Management bei der adidas Group, über Fachkräftemangel, Abwanderung und demographische Entwicklung.

Für 2017/18 sind – in Kooperation mit Lehrstühlen der Universität – weitere DAAD-Alumni-Projekte geplant. Auch das Thema „Forscher-Alumni“ soll weiterverfolgt werden. Im Sinne der Internationalisierungsstrategie 2020 wird die Alumniarbeit an der TU Bergakademie Freiberg also national wie international in den nächsten Jahren erfolgversprechend fortgeführt.

Kontakt: TU Bergakademie Freiberg
Freiburger Alumni Netzwerk
Akademiestraße 6
09599 Freiberg
alumni@zuv.tu-freiberg.de
Tel. +49(0)3731 39-3772, -2675
Fax: +49(0)3731 39 2551

Das Trägergestein dieser Lagerstätte ist der Bentheimer Sandstein. Dieser lagert in einer Teufe von 550–900 m. Dieser unkonsolidierte Sandstein unterteilt sich in einen Oberen und einen Unteren Ölsandstein, die durch ein Tonmittel voneinander getrennt sind. Die Mächtigkeit des Bentheimer Sandsteins liegt zwischen 20 und 40 m. Die Eigenschaften des Oberen bzw. Unteren Ölsandsteins sind voneinander verschieden, was sich in einem differenzierten Förderverhalten der beiden Lager äußert.

Das in Rühlermoor geförderte Erdöl hat eine In-situ-Viskosität von ca. 130 Centipoise (cp) und ist somit der Klasse der Schweröle zuzuordnen. Es ist zu beachten, dass sich das Feld Rühlermoor inmitten eines Naturschutz- und Torfabbaugebiets befindet. Schwere Maschinen und Material können dort nur über eine Feldbahn zu den einzelnen Bohrungen transportiert werden (s. Abb. 1).

In den vergangenen 67 Jahren wurden im Feld Rühlermoor ca. 500 Bohrungen niedergebracht. Nach der primären Förderphase wurde mit der Injektion von Lagerstättenwasser begonnen, um den

Druck in der Lagerstätte aufrechtzuerhalten und somit eine ausreichend starke Förderung zu gewährleisten. Mit Beginn der 1970er-Jahre war ein starker Förderabfall zu beobachten. Um die Förderung aufrechtzuerhalten und gleichzeitig zu erhöhen, wurden Ende der 1970er-Jahre mehrere Dampfinjektionsmaßnahmen begonnen. Dabei wird Dampf in die Lagerstätte injiziert, um die Viskosität des Öls zu verringern. Dadurch kann das im Reservoir verbliebene Erdöl besser mobilisiert werden. Bis heute wird das Dampf-Flutverfahren in Rühlermoor angewendet.

Zur Aufrechterhaltung der Bedampfung müssen in den kommenden Jahren erhebliche Investitionen getätigt werden. Parallel zur Erneuerung der Dampferzeugungsanlagen und des Leitungssystems muss eine Wasseraufbereitungsanlage erbaut werden. Das Ziel des Re-Developments Rühlermoor ist es, die notwendigen Ersatzinvestitionen in die obertägigen Anlagen mit einer deutlichen Erhöhung der Produktion zu verbinden, um somit den Ölförderbetrieb langfristig sicherzustellen (s. Abb. 2). Für die Akzeleration der Ölförderung muss die Bedampfung des Feldes optimiert werden. Es ist geplant, sie auf bisher nicht bedampfte Feldbereiche auszudehnen, die Effizienz des Flutverfahrens durch gezieltes Niederbringen von neuen Produktions- und Injektionsbohrungen (ggf. Re-Kompletierung von vorhandenen Bohrungen) zu optimieren und so die Förderraten erheblich zu erhöhen.

Ziel der Abschlussarbeit

Im Rahmen des Re-Development-Projekts will man 140 Neubohrungen und Re-Kompletierungen von Altbohrungen realisieren. Primäre Aufgabe der Diplomarbeit war die Untersuchung des bisher konzipierten Bohrungs- und Komplettierungsdesigns. Auf der Basis der gesammelten Erkenntnisse sollte ein auf die zukünftigen Förderziele abgestimmtes, technisch flexibles sowie wirtschaftlich tragfähiges Design konstruiert werden. Allgemein muss dieses Design folgende Anforderungen erfüllen:

1. Verdreifachung der gegenwärtigen Förderraten (Auswahl/Optimierung eines geeigneten Förderhilfsmittels)
2. Möglichst einfaches und kosteneffektives Design
3. Beherrschbarer Reparaturaufwand (Aufwältigung) mit Blick auf die hohe Anzahl von Bohrungen
4. Selektive Förderung aus dem Oberen bzw. Unteren Ölsandstein



Abb. 1: Feldbahn in Rühlermoor [1]

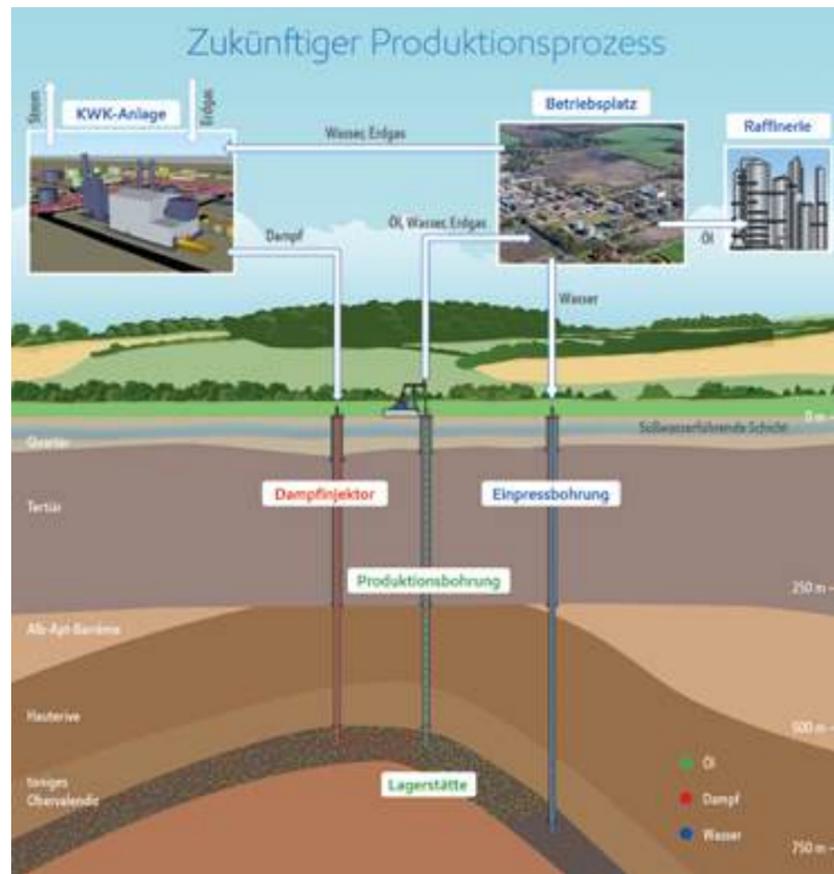


Abb. 2: Erdölförderung bei Umsetzung des Re-Developments Rühlermoor [2]

Anforderungen an das zukünftige Design

In den vergangenen Jahrzehnten wurden acht Bohrungs- und Komplettierungsdesigns in Rühlermoor implementiert. Die jeweiligen Designs richteten sich nach den Anforderungen in den einzelnen

Förderphasen. Der Großteil der bereits abgeteuften Bohrungen in Rühlermoor sind „Cased-Hole“-Kompletierungen (verrohrt und im Reservoirintervall zementiert). Mit Beginn des Übergangs zur Bedampfung änderten sich die Anforderungen an das Design erheblich. Infolge



Abb. 3: Versandete Tauchkreiselpumpe nach Versagen eines Sandfilters [1]

der höheren Lagerstättentemperaturen sind die Bohrung (inkl. Futterrohrtour und Zement) und das eingebaute Equipment (beispielsweise Förderhilfsmittel) höheren Beanspruchungen ausgesetzt.

Ein weiteres Problem der Förderbedingungen in Rühlermoor ist die Mitförderung von Sand. Im Zuge der Förderung werden erhebliche Mengen von unkonsolidiertem Reservoirgestein („Sand“) in die Bohrung eingetragen. Um das unter- und obertägige Equipment vor Erosion und Versandung zu schützen, wird ein Sandfilter in die Bohrung eingesetzt. Der Sand sammelt sich zwischen der Bohrlochwand und dem Filter und stört somit den Zufluss von Fluiden aus der Lagerstätte in die Bohrung. Zudem sind die Filter (hauptsächlich Wickelliner) relativ erosionsanfällig, was früher oder später zu einem Versanden der Bohrung (s. Abb. 3) und zu hohem Aufwand bei ihrer Aufwältigung führt. Besondere Herausforderungen an das zukünftige Design sind:

- Lagerstättentemperaturen bis zu 280 °C
- Unkonsolidierte Formation (Einfluss auf unter- und obertägiges Equipment)
- H₂S/CO₂-Mitförderung (Korrosion)
- Technische Einschränkungen aufgrund der besonderen Lage des Feldes (Naturschutzgebiet) und püttenweiser Anordnung der Bohrungen (bspw. Ablenkung der Bohrungen um bis zu 30°)

Ergebnisse der Diplomarbeit

Nach intensiver Aufarbeitung der Bohr- und Förderhistorie im Feld Rühlermoor

und der Auswertung von Erfahrungen aus anderen Dampf-Flutprojekten weltweit wurde eine radikale Änderung des zukünftigen Designs für das Rühlermoor Re-Development empfohlen.

Im Zuge der Erstellung der Arbeit wurde nachgewiesen, dass mit dem gegenwärtigen Design die angestrebten Förderraten in den meisten Bohrungen des Thermalgebiets nicht erreicht werden können und das Ausmaß der Sandproduktion von dem Komplettierungsdesign abhängt.

Der Zugang zur Lagerstätte in Form einer „Cased-Hole“-Kompletierung wird durch eine Perforation der Rohrtour und des Zements erzeugt. Bei dem in Rühlermoor typischen Perforationsdesign wird eine offene Fläche zwischen Bohrung und Lagerstätte mit einem Anteil von 0,6% erzeugt. Diese relativ geringe Zugangsfläche behindert zum einen den Zufluss von Lagerstättenfluiden in die Bohrung (Completion Skin), zum anderen entstehen im bohrlochnahen Bereich erhöhte Fließgeschwindigkeiten, die unkonsolidiertes Material (Sand) mitreißen und somit zu einer extensiven Sandproduktion und einer weiteren Schwächung der Formation führen.

Um diesen Effekten entgegenzuwirken, sollen Neubohrungen zukünftig als „Open-Hole“ komplettiert werden (nicht zementierter Reservoirbereich). Durch diese Komplettierungsart wird der Zufluss von Lagerstättenfluiden in die Bohrung maximiert. Durch die geringeren Fließgeschwindigkeiten im bohrlochnahen Bereich wird sich der Sandeintrag zukünftig deutlich reduzieren.

Trotz Anpassung des Komplettie-

rungstyps wird in einzelnen Bohrungen weiterhin Sand anfallen. Diese Bohrungen sollen zukünftig mit Keramikfiltern ausgerüstet werden. Die Funktionsweise der Keramikfilter ist identisch mit jener der bisher im Einsatz befindlichen Wickelliner. Anstatt eines feinen Stahldrahts bilden Keramikscheiben den Sandfilter. Im Gegensatz zum Stahldraht ist Keramik weniger empfindlich gegenüber Erosion und Korrosion, und ihr Einsatz wird somit den Reparaturaufwand durch Versandung der Bohrung zukünftig deutlich reduzieren.

Zur Gewährleistung einer selektiven Förderung aus dem Oberen bzw. dem Unteren Ölsandstein wird ein vorgelochter Liner mit einem Hochtemperatur-(HT-) Swellable Packer eingebaut. Er wird in der Höhe des Tonmittels platziert, schwillt nach Einbau an und trennt somit das Obere vom Unteren Lager. Im Anschluss kann durch den Einbau von Blindstrecken selektiv gefördert werden.

Des Weiteren wurde das Design der Gestängtiefpumpe für die zukünftigen Anforderungen ausgelegt. Die Robustheit des Bohrungs- und Komplettierungsdesigns wurde unter Berücksichtigung der zu erwartenden, veränderten Lagerstätten- und Produktionsbedingungen durch eine Casing Design Software simuliert und geprüft.

Zum Abschluss der Diplomarbeit wurden verschiedene Bohrungs- und Komplettierungsmöglichkeiten gegenübergestellt und wirtschaftlich miteinander verglichen. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf den zu erwartenden Reparaturaufwand und die operative Handhabbarkeit der jeweiligen Designs gerichtet.

Bei dieser Diplomarbeit wurden die jahrzehntelangen Fördererfahrungen im Feld Rühlermoor mit State-of-the-Art-Technologien kombiniert. Die in der Arbeit niedergelegten Erkenntnisse bildeten eine Grundlage für die optimale Anpassung des Bohrungs- und Komplettierungsdesigns an die zukünftigen Förderbedingungen. In enger Zusammenarbeit mit in der Region ansässigen Serviceunternehmen wurde ein detailliertes Design konstruiert, das in einer Neubohrung getestet werden soll.

Quellen

1. ENGIE E&P Deutschland GmbH: „Fotos Erdölfeld Rühlermoor“, Februar 2010
2. Exxon Mobil: „www.exxonmobil.com“, 2016. [Online]. Verfügbar via http://cdn.exxonmobil.com/-/media/germany/files/operations/erdoelfoerderunginruehlermoor_1.pdf. [Aufgerufen: 15. Juli 2016]

Bernhard-von-Cotta-Preis 2015: Die neogene Foraminiferen-Mikrofauna am Capo San Marco (Sinis Halbinsel, Sardinien): Biodiversität, Biostratigraphie und paläoökologisch-paläogeographische Schlussfolgerungen

Anne Förster

Einleitung und Motivation

Diese Arbeit präsentiert Ergebnisse einer detaillierten mikropaläontologischen Analyse tortonisch-messinischer Ablagerungen am Capo San Marco auf der Sinis-Halbinsel (West-Sardinien) mit besonderem Fokus auf die dortige Foraminiferen-Mikrofauna (Abb. 1 und 2).

Die Foraminiferen, kalkschalige Mikroorganismen, wurden aus Proben petrographisch monotoner Mergel der Basal Marls und der überlagernden, petrographisch diverseren Kalksteine, siltigen bis sandigen Mergel und kreidiger Kalksteine der Capo-San-Marco-Formation herausgelöst. Diese Formation ist Teil der miozänen Capo-San-Marco-Abfolge und wurde partiell bereits mikropaläontologisch und sedimentologisch untersucht. Eine detaillierte paläontologische Bearbeitung der Formation gab es jedoch bisher nicht.

Derzeit konkurrieren zudem zwei unterschiedliche Ablagerungsmodelle für die Capo-San-Marco-Abfolge: Cherchi und Martini (1981) postulieren eine Ablagerung unter normal marinen bis hypohalinen (Salzgehalt von weit über 3,5%) Bedingungen. André et al. (2004) zeigen dagegen auf, dass die komplette Abfolge innerhalb einer Karbonatrampe unter ausschließlich normal marinen Bedingungen abgelagert worden sein muss. Auf Grundlage dieser teilweise gegensätzlichen Modelle wurde eine neue Bearbeitung der Sedimente an drei ausgewählten Profilen angestrengt.

Ergebnisse

Im Zuge der mikropaläontologischen Aufbereitung der Proben wurden etwa 480.000 Foraminiferen aus den Siebfraktionen 0,3–1 mm und ≥ 1 mm extrahiert (Abbildung 3). Eine definierte Teilmenge der Individuen wurde nach morphologischen Merkmalen typisiert und taxonomisch bestimmt. Dabei konnten insgesamt fünf Morphogruppen sowie 21 Morphotypen definiert und 133 benthische sowie 22 planktische Arten aus 63 Gattungen voneinander unterschieden werden.

Die Ergebnisse der detaillierten mikropaläontologischen Bearbeitung zeigen,

dass die makroskopisch monotonen Mergel ausschließlich auf Grundlage der Foraminiferen-Mikrofauna unterschieden werden können. Das Verhältnis von planktischen zu benthischen Foraminiferen zeigt dabei drei deutliche Muster: planktisch dominierte Faunen, eine ausgeglichene Mischfauna und benthisch dominierte Faunen. Anhand der Verteilung von benthischen zu planktischen Foraminiferen lassen sich erstmals Meeresspiegelschwankungen innerhalb dieses marinen Ablagerungsraums rekonstruieren. Die Foraminiferen-Mikrofauna der Mergel zeigt eine unerwartet hohe Diversität mit 122 Arten, die in fünf Morphogruppen sowie 19 Morphotypen unterteilt werden konnten. Innerhalb der Gruppe der benthischen Foraminiferen ist eine deutliche Dominanz trochospiraler – somit epifaunaler – Individuen zu verzeichnen. Bei den planktischen Foraminiferen treten ausschließlich trochospirale Formen auf. Dabei entfällt auf die globigeriniden Foraminiferen der Hauptanteil, wohingegen globorotalide Formen innerhalb des Profils selten vorkommen. Auf Grundlage des aus dem Anteil planktischer Foraminiferen ermittelten Ozeanitätsindex ist eine Korrelation mit Wassertiefen zwischen 50–120 m möglich, was einen Ablagerungsraum auf dem mittleren bis äußeren Schelf indiziert.

Durch das Vorkommen von *Neoglobobulimina acostaensis* in Verbindung mit *Globorotalia suterai* und *Globigerinoides obliquus extremus* ist eine Einstufung des Profils der Basal Marls ins Obere Tortonium möglich (Abb. 4).

Die untersuchten Sedimente der lithologisch diverseren Capo-San-Marco-Formation offenbaren einen Wechsel von Phasen verstärkter Karbonatsedimentation mit Phasen erhöhten Eintrags siliziklastischer Materials. Mögliche Ursachen des siliziklastischen Eintrags sind sich zwischenschaltende humidere Klimaphasen, in denen die Erosion und somit der Eintrag vom Festland zunehmen – oder ein anteiliger Eintrag siliziklastischer Materials durch sich verändernde Strömungen mit verbundenem Küstenlängstransport.

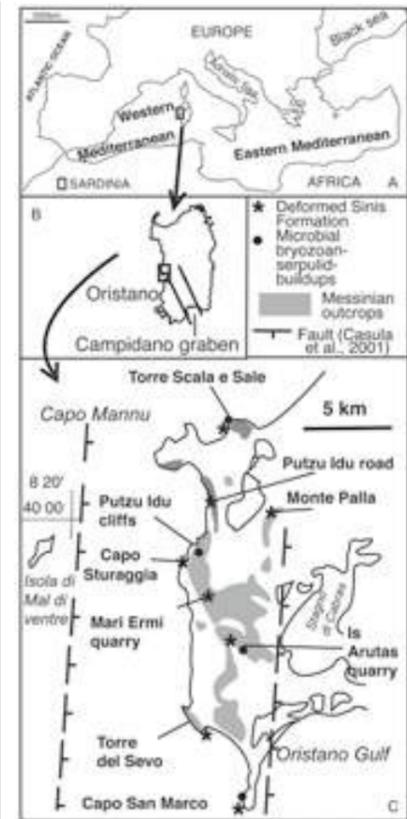


Abb. 1: A. Geografische Lage Sardiniens im westlichen Mediterran. B. Karte von Sardinien mit eingetragener Sinis Halbinsel. C. Verteilung Messinischer Ablagerungen der Sinis

Epoch/Era/Period	Series/Epoch	Stage/Age	GSSP	Numerical age (Ma)
Cenozoic	Quaternary	Holocene	present	0.0117
		Pleistocene	Upper	0.126
			Middle	0.781
	Neogene	Pliocene	Calabrian	1.80
			Gelasian	2.58
		Miocene	Piacenzian	3.600
			Zanclean	5.333
			Messinian	7.246
			Tortonian	11.63
			Serravallian	13.82
Langhian	15.97			
Burdigalian	20.44			
Aquitanian	23.03			

Abb. 2: Stratigraphische Gliederung des Neogens



Abb. 3: Beispiel eines Teils der Foraminiferen-Mikrofauna aus den Basal Marls am Capo San Marco

Die Foraminiferen-Mikrofauna der Capo-San-Marco-Formation zeigt im Vergleich zu den Basal Marls eine geringere Diversität mit lediglich 52 Arten, die in fünf Morphogruppen sowie 13 Morphotypen unterteilt werden konnten.

Ein Großteil der Sedimente der Capo-San-Marco-Formation ist (mit Ausnahme von fünf lithologischen Einheiten) durch das Fehlen planktischer Foraminiferen charakterisiert und indiziert somit einen flachen, eher proximalen Ablagerungsraum auf dem Schelf. Auf Basis der in den Sedimenten der Formation auftretenden Faunenelemente, wie u. a. Flachwassermuscheln der Gattung *Chama*, Foraminiferen und Bryozoen, sind Wassertiefen von etwa 10–70 m anzunehmen, was mit einer Lage des Ablagerungsraums auf dem inneren bis mittleren Schelf korreliert. Auf Grund des Fehlens biostratigraphisch relevanter planktischer Foraminiferen war eine biostratigraphische Einstufung der Profile der Capo-San-Marco-Formation problematisch. Durch die positive Korrelation der dokumentierten Sedimente mit den von André et al. (2004) ausgehaltenen Lithologien, in denen die messinische

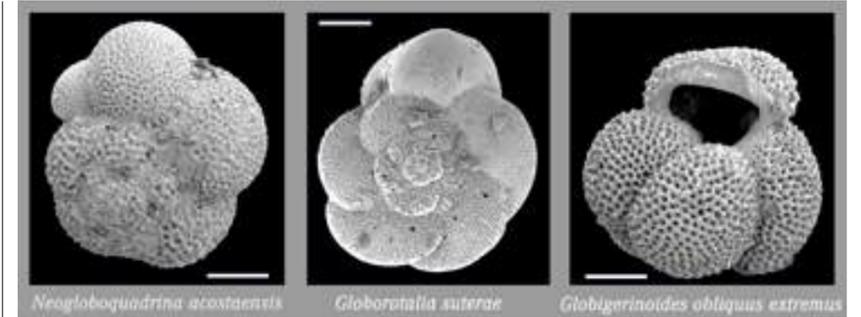


Abb. 4: Für die Einstufung ins Obere Tortonium biostratigraphisch relevante Foraminiferen innerhalb der Basal Marls (Maßstab: 100 µm)

Indexforaminifere *Globorotalia mediterranea* beobachtet werden konnte, ist eine Einstufung ins Messinium jedoch möglich.

Zusammenfassend lässt sich in den bearbeiteten Profilen der Capo-San-Marco-Abfolge eine Verflachung des Ablagerungsraums von den Basal Marls hin zu der in Rede stehenden Formation beobachten, was mit einer Verlagerung des Ablagerungsgebiets vom äußeren auf den inneren Schelf einhergeht. Der marine Ablagerungsraum ist zudem durch schwankende paläoökologische Bedingungen gekennzeichnet, was sich im

Anteil und in der Zusammensetzung der Foraminiferen-Mikrofaunen widerspiegelt.

Quellenangaben

- Cherchi, A. & Martini, E. (1981): Calcareous nannoplankton and planktonic foraminifera of the Messinian and basal Pliocene from Capo San Marco (W. Sardinia). In: Géologie Méditerranéenne Tome VIII, n°2: 109–120.
- André, J.-P., Saint Martin, J.-P., Moissette, P., Garcia, F., Cornée, J. J. & Ferrandini, M. (2004): An unusual Messinian succession in the Sinis Peninsula, western Sardinia, Italy. In: Sedimentary Geology, 167: 41–55.
- ICS, 2016-04: International Stratigraphic Correlation Chart, <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

Bernhard-von-Cotta-Preis 2015: *Sphingopyxis fribergensis* – ein Bakterium mit biotechnologischem Potenzial Michel Oelschlägel¹

Die Biokatalyse erlangt in der Synthese chemischer Verbindungen eine immer größere Bedeutung. Das liegt vor allem daran, dass die verwendeten Katalysator-Systeme (Enzyme) oft eine sehr hohe Aktivität und Selektivität für den Syntheseprozess aufweisen. Sie erlauben die Durchführung mehrstufiger, komplexer Reaktionen in einem einzigen Reaktionsansatz bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen und unter einfachen Reaktionsbedingungen. Ein in Freiberg seit Jahren untersuchter Prozess ist der des bakteriellen Styrolabbaus. Dabei beteiligte Enzyme bergen ein hohes Anwendungspotenzial im Hinblick auf die Gewinnung von Verbindungen für die Pharma- und die Kosmetikindustrie. Im Rahmen unserer Forschung ist es gelungen, eine neue Bakterienart zu isolieren und zu beschreiben. Das neue Bakterium mit dem Namen *Sphingopyxis fribergensis* ist nach der Stadt Freiberg benannt, wo diese Art isoliert

und charakterisiert wurde. Es handelt sich um die erste Bakterienart, die in Freiberg entdeckt wurde. *Sphingopyxis fribergensis* steht mittlerweile auch im Mittelpunkt weiterführender aktueller Forschungsprojekte, denn diese Art besitzt für die Biokatalyse hochinteressante Enzyme.

Biokatalysator (biocatalyst), Weiße Biotechnologie (White Biotechnology), Styrol-Abbau (styrene degradation), Enzymkaskade (enzyme cascade), Phenylacetic acid (phenylacetic acid), Phenylacetaldehyd (phenylacetaldehyde), Styroloxid (styrene oxide)

Einführung

Styrol gehört zu den industriell bedeutendsten chemischen Verbindungen. Diese Chemikalie wird vorwiegend in der Polymersynthese eingesetzt. Durch ihre verbreitete industrielle Nutzung bedingt, wird sie aber vielerorts auch in die Umwelt freigesetzt. Trotz dieser anthropogenen Freisetzung reicht sich diese Chemikalie jedoch in der Umwelt nicht an, denn es existieren natürliche Abbauwege für

diese Verbindung [1]. Dass es in der Natur solche Abbauwege gibt, mag vor allem daran liegen, dass auch in der Umwelt Styrol natürlicherweise vorkommt, beispielsweise in verschiedenen Pflanzen oder deren Zersetzungsprodukten. Über die Jahre wurden immer mehr Studien zum biologischen Styrolabbau durchgeführt und dabei mehr und mehr Details zu den beteiligten Organismen und zu den diversen Abbauwegen aufgedeckt [1].

So sind in Bezug auf Bakterien mittlerweile zwei Wege bekannt, über die Styrol abgebaut werden kann. Einige Organismen aktivieren Styrol mit Hilfe von am aromatischen Ringsystem angreifenden Dioxygenasen [1]. Nachfolgend erlauben weitere, zumeist unspezifische Prozesse einen Abbau auch dieser aktivierten Verbindung. Alternativ sind einige Bakterien in der Lage, Styrol statt am Ringsystem, an der Vinylseitenkette anzugreifen. Der damit aktivierte spezifische Abbauprozess – auch Seitenkettenoxygenierung genannt – führt zum zentralen Metaboliten Phenyllessigsäure [1]. Phenyllessigsäure selbst wird nachfolgend dann weiter abgebaut und vollständig verstoffwechselt. Gerade dieser Abbauweg birgt ein hohes biotechnologisches Potenzial und steht im Fokus unserer aktuellen Forschungen.

¹ AG Umweltmikrobiologie, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ), TU Bergakademie Freiberg, Leipziger Str. 29, Freiberg; Tel. 03731-39-4015, Fax: 03731-39-3012, michel.oelschlaegel@ioez.tu-freiberg.de

Der Styrolabbau über Seitenkettenoxygenierung

Styrol wird im Rahmen der Seitenkettenoxygenierung über eine dreistufige enzymkatalysierte Reaktionsfolge in den zentralen Metaboliten Phenyllessigsäure überführt [1]. Ein erstes Enzym, die sog. Styrol-Monooxygenase, katalysiert dabei die Oxidation von Styrol zu Styroloxid. Dieses reaktive Produkt wird katalytisch unter Mitwirkung der Styroloxid-Isomerase in Phenylacetaldehyd umgewandelt. In einem weiteren Schritt erfolgt die Phenylacetaldehyd-Dehydrogenase-katalysierte Oxidation des Aldehyds in Phenyllessigsäure. In den Bakterienzellen wird Phenyllessigsäure danach unter Mitwirkung weiterer Enzyme in Produkte des Tricarbonsäurezyklus umgewandelt – letztlich vollständig zu Wasser und Kohlenstoffdioxid.

Sowohl die Enzyme als auch der o. g. Abbauweg via Seitenkettenoxygenierung bergen ein hohes biotechnologisches Potenzial, da alle Intermediate bis hin zur Phenyllessigsäure von industrieller Bedeutung sind und sich aus vergleichsweise kostengünstigen Styrolderivaten synthetisieren lassen. Für eine Anwendung solcher Organismen in der Biokatalyse ist die genannte vollständige Verstoffwechslung von Styrol zu Wasser und Kohlenstoffdioxid allerdings nicht wünschenswert. Die Gewinnung bestimmter Intermediate – wie Styroloxid, Phenylacetaldehyd oder Phenyllessigsäure – steht eigentlich im Vordergrund. Daher werden in bisherigen Studien die Enzyme oft zellfrei eingesetzt [2] oder aber ähnliche Substrate verwendet, die von den Bakterien in die gewünschten Produkte umgewandelt, jedoch danach nicht weiter metabolisiert werden können [3]. Insbesondere substituierte Styrole werden oft zu den entsprechenden Phenyllessigsäuren oxidiert, nachfolgend aber nicht weiter abgebaut. Solche Produkte können danach leicht aus dem zellhaltigen Medium abgetrennt werden. Im Rahmen aktueller Forschungen sollen Bakterien jedoch auch gentechnisch so verändert werden, dass alle gewünschten Produkte erhalten bleiben und nicht weiter abgebaut werden. Alle Anwendungsfelder für diese Organismen setzen allerdings stabile Enzyme und zuverlässig funktionierende Transformationswege voraus. Daher wurde im Laufe unserer Arbeiten auch stets nach neuartigen Organismen und Enzymen gesucht, die für diese Anwendungen besonders geeignet erscheinen.

Isolation von styrolabbauenden Mikroorganismen

Viele der zum Styrolabbau befähigten Organismen sind Bodenbakterien und lassen sich demnach aus Erdproben isolieren [4]. Dazu wurden neben Erdproben von nicht-kontaminierten Flächen auch Proben von Standorten entnommen, die mit aromatischen oder aliphatischen Kohlenwasserstoffen kontaminiert waren. Diese Erdproben wurden in sterilem Wasser resuspendiert – die wässrigen Überstände nachfolgend auf Festmedium-Platten ausgestrichen und diese Platten dann mit Styrol kultiviert. Styrol war dabei die einzig verfügbare Kohlenstoffquelle. Dadurch wuchsen nur diejenigen Bakterien zu makroskopisch sichtbaren Kolonien heran, die zum Styrolabbau befähigt waren. Diese Kolonien wurden nachfolgend einzeln auf neues Medium ausgebracht und somit schließlich Reinkulturen hergestellt. Diese Kulturen haben wir nachfolgend hinsichtlich des Styrolabbaus untersucht. Darüber hinaus wurden auch Präparate aus der institutseigenen Stammsammlung auf bisher nicht identifizierte Styrolabbauer-Qualitäten hin kontrolliert. Letztlich identifizierten und untersuchten wir 87 Stämme, die zum Umsatz von Styrol befähigt waren. Darunter befanden sich auch 54 neue Isolate aus den genannten Erdproben. Allerdings wiesen lediglich 14 Stämme, darunter elf neue Isolate, eine passable Fähigkeit zum Styrolabbau via Seitenkettenoxygenierung auf. Es war für uns überraschend, dass der einzige bekannte spezifische Abbauweg für Styrol so wenig vertreten war und stattdessen unspezifische Wege eindeutig dominierten. Unter den Isolaten fanden sich vorrangig *Rhodococcus*-Spezies und Vertreter der Gattung *Sphingobium*. Ein Isolat konnte allerdings auch der Gattung *Sphingopyxis* zugeordnet werden. Für die beiden letztgenannten Gattungen waren styrolabbauende Vertreter bisher unbekannt, weshalb diese Stämme unser besonderes Interesse auf sich zogen. Insbesondere das *Sphingopyxis*-Isolat wurde daraufhin genauer untersucht und charakterisiert [5].

Eigenschaften von *Sphingopyxis* sp. Kp5.2

In einem ersten Schritt wurde für das neue *Sphingopyxis*-Isolat die Gensequenz des sog. 16S-rRNA-Gens bestimmt. Das ist eine gängige Methode zur phylogenetischen (also verwandtschaftlichen) Einordnung eines Isolats, da dieses Gen

bei verwandten Arten oft sehr konserviert vorliegt. Ausgehend von der ermittelten Gensequenz wurden durch Sequenzvergleich über Datenbanken die am nächsten verwandten Arten identifiziert: *Sphingopyxis italica*, *Sphingopyxis panaciterrae*, *Sphingopyxis chilensis* und *Sphingopyxis bauzanensis*. Sie wiesen bezüglich dieses Gens eine Sequenzähnlichkeit von 99% auf, weshalb noch weitere Untersuchungen zur Einordnung des neuen Isolats notwendig wurden. Zu diesem Zeitpunkt war noch nicht klar, ob es sich da um eine neue Art handelte oder aber lediglich um einen Vertreter einer der bereits bekannten Arten.

Daher wurden vielfältige biochemische Untersuchungen mit dem neuen Isolat und den vier nächsten Verwandten durchgeführt und 20 verschiedene Enzymaktivitäten in den Zellen untersucht. Dabei wurden zwei Enzyme (α -Mannosidase und β -Glucuronidase) lediglich in dem neuen Isolat nachgewiesen. Auch vielfältige Wachstums- und Umsatzversuche auf Basis verschiedener Substratquellen wurden durchgeführt. Insgesamt untersuchten wir 16 Substrate. Bemerkenswerterweise war lediglich unser neues Isolat in der Lage, Phenyllessigsäure – ein zentrales Intermediat des Styrolabbaus – umzusetzen. Nur dieser Stamm war also zum Styrolabbau über Seitenkettenoxygenierung befähigt. Es verdichteten sich immer mehr Hinweise darauf, dass unser neues Isolat eine eigenständige Art repräsentieren könnte. Daher wurden nachfolgend DNA-DNA-Hybridisierungen vorgenommen. Dabei wurde die Ähnlichkeit der gesamten DNA des neuen Isolats mit der der nächsten Verwandten mittels Schmelzpunktanalyse bestimmt. Wir ermittelten dabei eine Sequenzähnlichkeit von maximal lediglich 51%, weshalb bei dem neuen Isolat nun eindeutig von einer neuen Bakterienart auszugehen war. Ergänzend wurden noch Zellwandbestandteile (auf Fettsäurezusammensetzung, Zusammensetzung der polaren Lipide und respiratorische Quinone) untersucht, was wiederum eine Abgrenzung des neuen Isolats von den bereits bekannten Stämmen erlaubte. Zuletzt wurden noch kultivierungsspezifische Parameter – u. a. die Temperaturtoleranz oder Antibiotikaresistenzen – sowie zytologische Eigenschaften ermittelt. Letztlich konnte das neue Isolat als eigenständige Art bestätigt werden [5] und bekam – in Anlehnung an den Stadtnamen Freiberg – den Namen *Sphingopyxis fribergensis* Kp5.2 verliehen. Es handelt sich hier um die erste Beschreibung einer neuen Bakterienart

an der TU Bergakademie Freiberg. Die neue Art wurde im Zuge dieser Untersuchungen auch in Zusammenarbeit mit dem CeBiTec in Bielefeld genomsequenziert und damit dessen gesamte DNA-Sequenz aufgeklärt. Zusammen mit dem Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik an der TU Bergakademie Freiberg wurden die Bakterienzellen zudem rasterelektronenmikroskopisch untersucht, visualisiert (siehe Abb. 1) und detaillierte Aussagen über die Morphologie der Zellen gewonnen.

Sphingopyxis fribergensis Kp5.2 bildet auf glukosehaltigem Festmedium typische, gelbe Kolonien. Unter dem Rasterelektronenmikroskop konnte die Morphologie der einzelnen Zellen sehr genau bestimmt werden. Der Gram-negative Stamm Kp5.2 bildet Stäbchen einer Größe von zumeist 2 μ m.

Kp5.2 baut Styrol nachweislich über den Abbauweg der Seitenkettenoxygenierung ab, wobei die Enzyme Styrol-Monooxygenase (SMO), Styroloxid-Isomerase (SOI) und Phenylacetaldehyd-Dehydrogenase (PAD) einleitend beteiligt sind. Diese Fähigkeit zum Styrolabbau erlaubt – wie einleitend angesprochen – auch eine biotechnologische Nutzung der einzelnen Enzyme oder Zellen.

Sphingopyxis fribergensis und sein biotechnologisches Potenzial

Das neue Bakterium *Sphingopyxis fribergensis* Kp5.2 erweist sich auch aus biotechnologischer Sicht als höchst interessant. Als erster styrolabbauender Vertreter der Gattung *Sphingopyxis* und aus der Familie der *Sphingomonadaceae* weisen die Enzyme des Styrolabbauwegs eine andere genetische Anordnung und auch größere Sequenzunterschiede im Vergleich zu bekannten Enzymen aus Vertretern der Gattung *Pseudomonas* oder *Rhodococcus* auf. So ist beispielsweise die Styroloxid-Isomerase um 17-18 Aminosäuren größer als bei allen bisher untersuchten Vertretern und weist auf Proteinebene eine Sequenzähnlichkeit von lediglich 62% gegenüber Enzymen aus *Pseudomonas* oder *Rhodococcus* auf [4]. Erste Untersuchungen haben ergeben, dass die Enzyme des Styrolabbaus

in *Sphingopyxis fribergensis* Kp5.2 stabiler als die in bisher untersuchten styrolabbauenden Bakterien sind. Das macht diese Enzyme für biotechnologische Anwendungen interessant; das gilt insbesondere für die Styroloxid-Isomerase. Gerade für die Isomerase konnte gezeigt werden, dass – im Vergleich zu den bisher untersuchten Enzymen – sogar doppelt so hohe Produktausbeuten erreichbar waren. So konnten mit dem Enzym aus *Sphingopyxis fribergensis* während eines 60-minütigen Umsatzes bereits 14 g/L Phenylacetaldehyd aus Styroloxid gewonnen werden (= Ausbeute von 94%). An einem industriell ver-

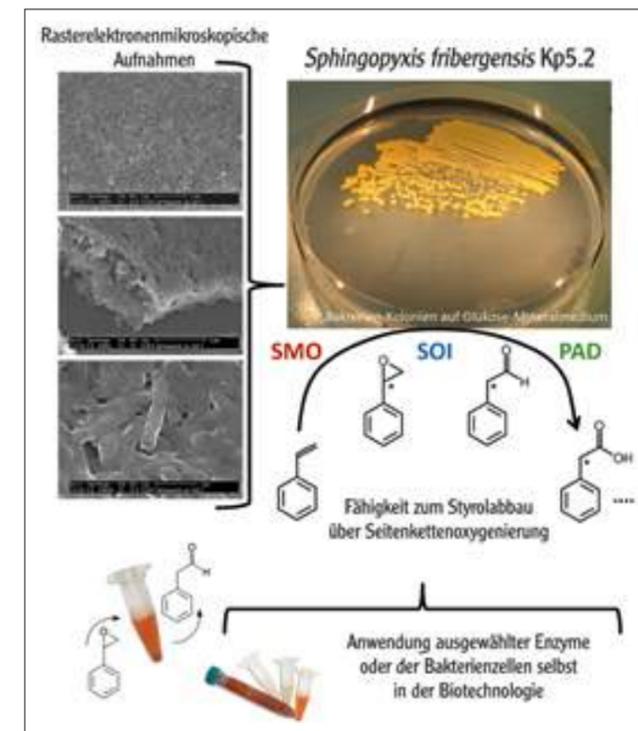


Abb. 1: *Sphingopyxis fribergensis* Kp5.2 – eine Übersicht

wertbaren Verfahren auf der Basis dieses Enzyms wird derzeit gearbeitet. Ebenso arbeiten wir an einem rekombinanten Biokatalysator, basierend auf *Escherichia coli*, der – ausgestattet u. a. mit Enzymen aus Stamm Kp5.2 – die Umsetzung von Styrol zu Phenyllessigsäure realisieren soll.

Das von uns entdeckte Bakterium ist aber nicht nur hinsichtlich biotechnologischer Fragestellungen interessant. Bei Untersuchungen zum Phenyllessigsäureabbau wurde ein neues Enzym gefunden, das zwei normalerweise für diesen Abbauweg relevante Proteine zu ersetzen scheint. Dieses Enzym entstammt normalerweise dem Fettstoffwechsel von Bakterienzellen. Diese Beobachtung lässt auch die Evolution betreffende Fragestellungen zu – beispielsweise, ob sich der

Phenyllessigsäureabbau aus dem Fettsäurestoffwechsel entwickelt hat. Also auch im Bereich der Grundlagenforschung eröffnet *Sphingopyxis fribergensis* Kp5.2 damit neue Felder, die uns in den nächsten Jahren noch beschäftigen werden.

Zusammenfassung

Sphingopyxis fribergensis ist die erste Art aus der Familie *Sphingomonadaceae*, die nachweislich zum Styrolabbau befähigt ist. Diese Eigenschaft macht diesen Organismus auch für aktuell anstehende biotechnologische Studien interessant. Durch besonders stabile Enzyme

erschließt sich mit ihm eine Möglichkeit zur effizienteren Synthese von Phenylacetaldehyden, Phenyllessigsäuren und Styroloxiden aus Styrolen. Diese Feinchemikalien haben eine hohe Bedeutung in der Kosmetik-, Duftstoff-, Aroma- und Pharmaindustrie. Daher wird diese erste an der TU Bergakademie Freiberg beschriebene Art auch in naher Zukunft eine wichtige Rolle in aktuellen Forschungsprojekten der Universität einnehmen.

Danksagung: Ich bedanke mich herzlich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Michael Schlömann für die Betreuung meiner Arbeit und bei Dr. Dirk Tischler für seine Unterstützung und die vielen nützlichen Diskussionen. Ich möchte weiterhin der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung meines Promotionsstipendiums und meines Forschungsprojekts danken, durch die die Untersuchung der Isolate und der daraus gewonnenen Enzyme

möglich wurde. Zudem danke ich unseren Partnern, Dr. Christian Rückert und Dr. Jörn Kalinowski vom CeBiTec in Bielefeld sowie Herrn Dr. Gert Schmidt vom Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik an der TU Bergakademie Freiberg, für die gute Zusammenarbeit bei der Charakterisierung der neuen Art.

Literatur

- 1 D. Tischler (2015) Microbial styrene degradation. SpringerBriefs in Microbiology. Springer, Heidelberg. Deutschland; unterstützt von: M. Oelschlägel, A. Riedel, T. Heine, J. Zimmerling
- 2 M. Oelschlägel, J.A.D. Gröning, D. Tischler, S.R. Kaschabek, M. Schlömann (2012) Appl. Environ. Microbiol. 78:4330-4337.
- 3 M. Oelschlägel, S.R. Kaschabek, J. Zimmerling, M. Schlömann, D. Tischler (2015) Biotechnology Reports 6:20-26.
- 4 M. Oelschlägel, J. Zimmerling, M. Schlömann, D. Tischler (2014) Microbiology 160:2481-2491.
- 5 M. Oelschlägel, C. Rückert, J. Kalinowski, G. Schmidt, M. Schlömann, D. Tischler (2015) Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 65:3008-3015.

Bernhard-von-Cotta-Preis 2015: Experimentelle und numerische Untersuchungen zu Phasenumwandlungen in Silizium unter Kontaktbeanspruchung

Michael Budnitzki

Einleitung

Silizium (Si) ist nach wie vor das wichtigste Halbleitersubstrat, und Siliziumwafer sind sowohl für die Elektronik- als auch für die Photovoltaikbranche unentbehrlich. Insbesondere für Anwendungen in Solarzellen ist neben den elektronischen Eigenschaften seine mechanische Bruchfestigkeit von großer Bedeutung. Bedingt durch den Trend zu immer dünneren und flexibleren Wafern, wird diese Festigkeit fast vollständig durch im Laufe des Trennprozesses (Drahtsägen) eingebrachte rissartige Oberflächendefekte bestimmt.

Beim Drahtsägen mit losem, abrasivem Korn werden harte SiC-Partikel von einem bewegten Drahtfeld gegen die Werkstückoberfläche gedrückt; man spricht von einer Kontaktbeanspruchung des Materials (siehe Abb. 1). Bei diesem Eindruckvorgang bilden sich Risse senkrecht zur Schnittfläche (sog. Median- bzw. Radialrisse); weiterhin kommt es in einer lokalisierten Prozesszone unterhalb des SiC-Partikels zur inelastischen Deformation. Bei nachfolgender Entlastung führt diese inelastische Deformation zu Eigenspannungen, die sog. Lateralrisse parallel zur Schnittfläche entstehen lassen. Brechen die Lateralrisse zur Oberfläche durch, kommt es zu einem Abplatzen. Auf diese Weise wird beim Drahtsägen Material abgetragen. Die Median- und Radialrisse verbleiben als Defekte im Wafer.

Zur quantitativen Beschreibung des Drahtsägevorgangs ist ein Verständnis

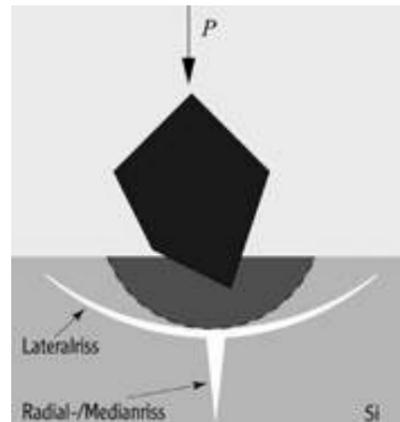


Abb. 1: Ein SiC-Partikel im Kontakt mit der Silizium-Oberfläche, die zugehörige Prozesszone (dunkelgrau) und resultierende Rissysteme

der Prozesse, die zu inelastischen Deformationen im Material führen, zwingend erforderlich. Im Falle von Silizium handelt es sich bei diesen Prozessen um Phasenumwandlungen, die in dieser Arbeit experimentell sowie numerisch untersucht wurden.

Bei Umgebungsdruck liegt Silizium in einer kristallinen Phase mit Diamantstruktur vor. Unter Druck- bzw. Kontaktbeanspruchung durchläuft es eine Reihe von Phasenumwandlungen, die mit großen Volumenänderungen einhergehen. Insgesamt sind elf kristalline bzw. amorphe Phasen von Silizium bekannt. Unter Beanspruchung kommt es zu einer Umwandlung der halbleitenden cd-Si-Phase in die dichte metallische β -Si-Phase.

Während der Entlastung bleibt zwar die β -Si-Struktur nicht stabil, jedoch wird die cd-Si-Phase nicht wiederhergestellt. Stattdessen bildet sich eine Mischung aus unterschiedlichen kristallinen Phasen bei langsamer Entlastung und amorphes Silizium (a-Si) bei schneller Entlastung. In technologisch relevanten Prozessen sind die Kontaktzeiten kurz. Daher ist nur die Umwandlungskette cd-Si \rightarrow β -Si \rightarrow a-Si von Bedeutung.

Methoden und Ergebnisse

Zur Untersuchung von Vorgängen unter Kontaktbeanspruchung ist die registrierende Mikrohärtmessung (Nanoindentation) die Methode der Wahl. Dazu wird eine dreiseitige Pyramide aus Diamant (Berkovich-Indenter) in die Probenoberfläche gedrückt, wobei die aufgebrachte Last und die resultierende Verschiebung kontinuierlich aufgezeichnet werden (siehe Abb. 2). Die für Silizium aufgenommenen Daten zeichnen sich dadurch aus, dass die Entlastungskurve nicht dem typischen, elastischen Pfad (gestrichelte Kurve in Abb. 2) folgt, sondern abknickt; dies ist auf die bereits beschriebene β -Si \rightarrow a-Si-Umwandlung zurückzuführen.

Da für Photovoltaikanwendungen oft polykristalline Wafer zum Einsatz kommen, wurde der Einfluss der Kornorientierung auf die Phasenumwandlungen untersucht. Abb. 2 zeigt eine Falschfarbendarstellung der Kornorientierungen im verwendeten 50 \times 50 mm-Wafer sowie die zugehörigen Last-Verschiebungskurven. Es ist ersichtlich, dass die Streuung der experimentellen Daten um die ebenfalls dargestellte Mittelwertkurve nicht sehr groß ist, was bedeutet, dass die Härte von Silizium kaum von der Kristallorientierung abhängt und der zugrundeliegende Deformationsmechanismus, die Umwandlung

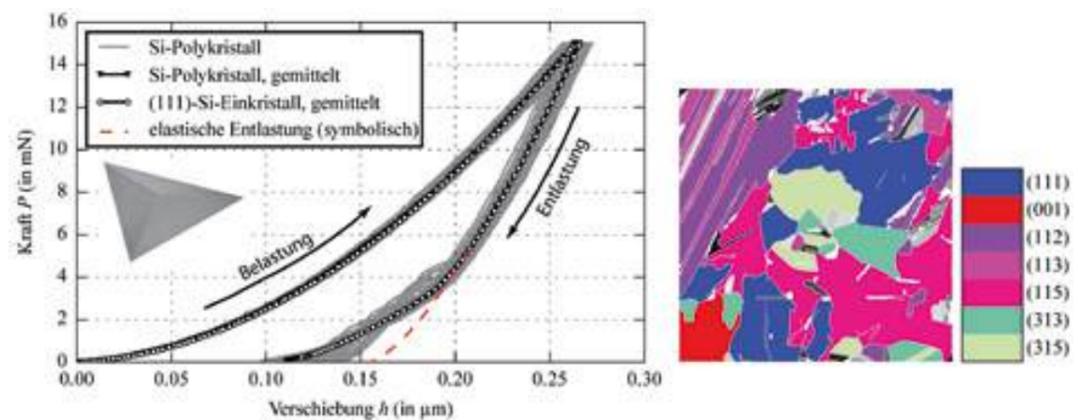


Abb. 2: (links) Last-Verschiebungskurven für Eindruckversuche in polykristallines Silizium mit Berkovich Indenterspitze. 20 Kurven für jede der sechs Orientierungen. (rechts) Falschfarbendarstellung der Kornorientierungen im verwendeten Si-Wafer

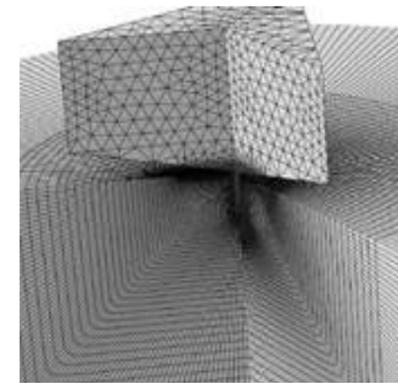


Abb. 3: Finite Element-Netz von Indenterspitze und Probe (zur besseren Visualisierung wurde ein 120°-Segment entfernt)

cd-Si \rightarrow β -Si, folglich isotrop ist. Weiterhin stimmt dieser Orientierungsmittelwert sehr genau mit der Materialantwort für die (111)-Orientierung überein, woraus geschlossen werden kann, dass die (111)-Orientierung für die gegebene Beanspruchungssituation repräsentativ ist.

Zur Simulation des Eindruckvorgangs ist ein Materialgesetz erforderlich, das alle o. g. Phänomene beschreibt, thermodynamisch konsistent ist und die auftretenden sehr großen Deformationen korrekt wiedergibt. Diese Anforderungen werden von keinem bisher publizierten Konstitutivgesetz (siehe z.B. [1-5]) erfüllt. Ein solches Gesetz wurde im Rahmen dieser Arbeit erstmals entwickelt und zur Verwendung mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) implementiert [6]. Zugehörige Materialparameter wurden durch Lösung eines inversen Problems aus Last-Verschiebungskurven für Eindrücke mit der Berkovich-Indenterspitze identifiziert. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt des zugehörigen Finite-Elemente-Modells. Die simulierte Last-Verschiebungskurve ist in Abb. 4 der experimentell gefundenen

gegenübergestellt. Ebenfalls abgebildet ist die Vorhersage mittels des Modells der klassischen J_2 -Plastizität, die oftmals auch für Silizium verwendet wird. Es wird deutlich, dass nur das Phasenumwandlungsmodell den Knick in der Entlastungskurve abbilden kann.

Mit diesen Werkzeugen ist es nun möglich, die Evolution der Umwandlungszone während des Eindruckvorgangs zu visualisieren (Abb. 4). Im lastfreien Zustand liegt diamant-kubisches Silizium vor $\textcircled{1}$. Im Laufe des Belastungsvorgangs kommt es zur cd-Si \rightarrow β -Si-Umwandlung, und eine ausgeprägte Umwandlungszone $\textcircled{2}$ entsteht, die bei $\textcircled{3}$ ihre maximale Größe erreicht. Der erste Teil der Entlastung bis zum Punkt $\textcircled{4}$ ist elastisch, und die Größe der Umwandlungszone bleibt unverändert. Im Folgenden wird die β -Si-Phase instabil, und es kommt zur Umwandlung β -Si \rightarrow a-Si $\textcircled{5}$. Nach vollständiger Entlastung $\textcircled{6}$ ist kein β -Si mehr nachweisbar. Im rechten Teil von Abb. 4 sind Vorhersagen der Eigenspannungen nach vollständiger Entlastung (am Beispiel der ersten Hauptspannung S_1) dargestellt; dazu wird das entwickelte Phasenumwandlungsmodell der J_2 -Plastizität gegenübergestellt. Die klassische Plastizität sagt ein sehr stark lokalisiertes Spannungsmaximum nahe der Probenoberfläche voraus, und damit ausschließlich das Wachstum oberflächennaher Radialrisse. Im Gegensatz dazu ist das Spannungsmaximum im Umwandlungsmodell langegezogen, was das Wachstum von Oberflächenrisse sowie Tiefenrisse vorhersagt. Dieses Ergebnis unterstreicht nochmals die Bedeutung der korrekten Beschreibung der Phasenumwandlungen in Silizium bei der Auswertung von Spannungsfeldern bzw. Rissmustern für den Fall der Kontaktbeanspruchung.

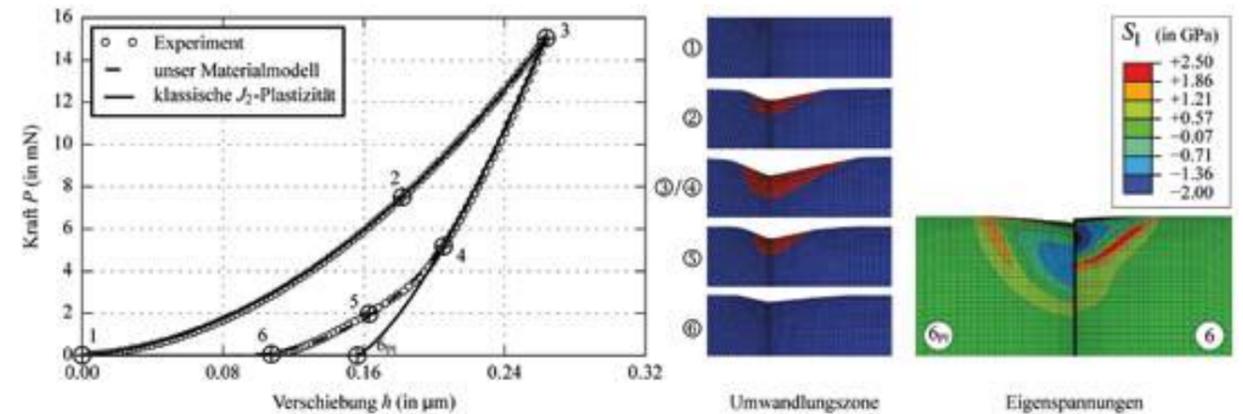


Abb. 4: (links) Gegenüberstellung der Last-Verschiebungskurven aus Experiment, Simulation mit Phasenumwandlungsmodell bzw. Simulation mit klassischer J_2 -Plastizität; (mittig) Evolution der Prozesszone; (rechts) Gegenüberstellung der bleibenden Spannungen nach Entlastung; klassische J_2 -Plastizität – links, Phasenumwandlungsmodell – rechts

Zusammenfassung

Das Verständnis von Phasenumwandlungen in Silizium unter Kontaktbeanspruchung ist eine Grundvoraussetzung zur Optimierung der Wafer-Herstellung. Zu diesem Zweck wurde ein kontinuumsmechanisches Materialmodell entwickelt, das die Umwandlung cd-Si \rightarrow β -Si bei Belastung sowie die Umwandlung β -Si \rightarrow a-Si bei Entlastung abbildet. Materialparameter für das Modell wurden anhand von Last-Verschiebungskurven identifiziert, die mittels registrierender Mikrohärtmessung mit dem Berkovich-Indenter gewonnen wurden. Eine Gegenüberstellung der vorhergesagten Eigenspannungen unterstreicht die Notwendigkeit eines dedizierten Konstitutivgesetzes, das die Umwandlung β -Si \rightarrow a-Si korrekt abbildet.

Referenzen

- 1 T. Vodenitcharova and L. Zhang. A mechanics prediction of the behaviour of mono-crystalline silicon under nano-indentation. International Journal of Solids and Structures, 40(12):2989-2998, 2003.
- 2 T. Vodenitcharova and L. Zhang. A new constitutive model for the phase transformations in mono-crystalline silicon. International Journal of Solids and Structures, 41(18-19):5411-5424, 2004.
- 3 T. Kiriya, H. Harada, and J. Yan. Finite element modeling of high-pressure deformation and phase transformation of silicon beneath a sharp indenter. Semiconductor Science and Technology, 24:025014, 2009.
- 4 M. Budnitzki and M. Kuna. A thermomechanical constitutive model for phase transformations in silicon under pressure and contact loading conditions. International Journal of Solids and Structures, 49(11-12):1316-1324, 2012.
- 5 M. Budnitzki and M. Kuna. Modeling silicon under contact loading conditions: aspects of non-associated flow. Technische Mechanik, 32(2):146-154, 2012.
- 6 M. Budnitzki and M. Kuna. Stress induced phase transitions in silicon. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 95:64-91, 2016.

Der Verein unterstützt ... Die folgenden Beiträge demonstrieren anschaulich das Engagement unseres Vereins zur Unterstützung von Studium und Forschung durch finanzielle Förderhilfe für Studenten und Nachwuchswissenschaftler bei Auslandsaufenthalten im Rahmen von Qualifizierungsarbeiten, Praktika, Exkursionen sowie bei Besuchen bzw. der Organisation von Workshops und Tagungen.

Fachexkursion der Studenten des Instituts für Bohrtechnik und Fluidbergbau Freiberg in die Niederlande und nach Schottland

Rico Morgenstern und Lukas Ochmann



Besichtigung der Gasspeicheranlage in Veendam (NL)

Foto: Rico Morgenstern & Lukas Ochmann, SFE Student Chapter Freiberg

Jedes Jahr unternehmen wir Studenten am Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau in Freiberg zusätzlich zu den beiden Pflichtexkursionen zur Bohr- und zur Förder- und Speichertechnik eine freiwillige, selbst organisierte Exkursion. In den vergangenen Jahren waren u. a. Russland, Brasilien, der Nahe Osten und die USA Reiseziele; 2015 wurden die Niederlande und Schottland von uns ausgewählt. Die komplette Planung – inklusive Sponsoren finden, Firmenbesuche vereinbaren, An- und Abreise sowie Kost und Logis organisieren – wird dabei von uns in Eigenregie bewerkstelligt. Dieses Jahr kamen wir auf insgesamt zwölf Teilnehmer: zehn Studenten der Vertiefungsrichtung Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung, dazu Professor Reich und Herr Schröder, der als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut über Gashydrate forscht.

Wir starteten von Freiberg am 24. August in Richtung Celle, wo uns die Firma MICON-Drilling GmbH schon erwartete. Wirtschaftsingenieur Jan König empfing uns auf dem Firmengelände in Nienhagen, wo er uns gemeinsam mit Matthias Wilkening die Firma MICON vorstellte, die nicht nur in der Erdöl-, sondern auch in der Bergbaubranche tätig ist. Im Werksgelände wurden uns die verschiedenen Fertigungsschritte sowie die Bohrgeräte erklärt. Zum Abschluss gab es ein leckeres Barbecue, bei dem man in kleinen

Runden mit den Mitarbeitern ins Gespräch kommen konnte. Alles in allem war dieser erste Firmenbesuch ein gelungener Start unserer Exkursion. Danach ging es weiter nach Groningen in unsere erste Unterkunft. Am Abend erkundeten wir die 200.000 Einwohner zählende Stadt und ihre Gastronomie.

Für den zweiten Exkursionstag stand die Gasspeicheranlage im niederländischen Landkreis Veendam bei Zuidwending auf dem Plan. Vor Ort begrüßte uns Rein Bolt, Senior Advisor for Mining & Operations, der ebenfalls schon im Juni im Rahmen des Berg- und Hüttenmännischen Tages die Bergakademie besucht hatte und auf unseren Exkursionswunsch hin angesprochen worden war. Am Standort befinden sich derzeit sechs Kavernen mit einem Gesamtspeichervolumen von 640 Mrd. m³ Erdgas; 310 Mrd. m³ davon Speicherraum für das effektiv nutzbare Arbeitsgas. Die Bergbauabteilung des Unternehmens ist verantwortlich für die Solung und Komplettierung der Salzkavernen. Fünf der Kavernen sind wirklich mit Erdgas gefüllt, die sechste mit Stickstoff. Dieser wird gebraucht, um das Erdgas aus den anderen Kavernen durch Beimischung auf einen geringeren Brennwert zu bringen. Bedingt ist dies dadurch, dass das aus dem Groninger Feld geförderte Gas von geringerer Qualität ist, aber in dasselbe Leitungsnetz eingespeist wird.

Bei einer Werksführung erhielten wir einen Einblick in Struktur und Funktion der obertägigen Anlagen. Das Gas durchläuft mehrere Stationen, bevor es in den Speicher gelangt oder wieder zurück ins Leitungsnetz kommt. Das Besondere an der Anlage bei Zuidwending ist, dass man pro Kaverne zwei Bohrungen abgeteuft hat. Dadurch hat man während des Betriebs den Vorteil von separat betreibbaren Produktions- und Injektionssonden. Eine Umstellung von Produktion zu Injektion bei jeweils voller Auslastung beansprucht gerade einmal 15 Minuten und wird vollautomatisch ausgeführt. Gerade für den Ausgleich tageszeitlicher Schwankungen im Gasbedarf bewährt sich diese Technologie enorm. Für den Nachmittag empfahlen uns die Mitarbeiter das „Noorderzon Performing Arts Festival“ in der Altstadt von Groningen, das Tanz, Musik, Theater und kulinarische Spezialitäten aus aller Welt zu bieten hatte.

Der dritte Exkursionstag führte uns auf den Weg nach Lemmer zu einer Bootstour auf den zahlreichen Kanälen östlich des IJsselmeeres sowie auch auf dem Slotermeer – mit abendlicher Rückkehr nach Groningen. Den Nachmittag in Amsterdam verbrachten wir mit der Besichtigung dieser wundervollen Stadt mit ihren zahlreichen Grachten, schön renovierten Hausbooten und den vielen kleinen Gassen und Cafés. Am nächsten

Morgen ging es dann zum Flughafen zu unserer Maschine nach Aberdeen. Dort angekommen, erwartete uns bereits die erste große Herausforderung: der Linksverkehr! Trotzdem erreichten wir schnell unsere Unterkunft, mitten im Herzen von Aberdeen und machten uns auf, die Stadt zu erkunden.

Am Samstag stand die Erkundung des Hinterlandes, des Aberdeenshire, auf dem Plan. Unser erstes Ziel war das Crathes Castle, zirka 40 Autominuten von Aberdeen entfernt. Crathes Castle ist eine märchenhafte Burg aus dem 16. Jahrhundert. Sie diente der Burnett-Familie über 500 Jahre lang als Stammsitz, ehe sie 1951 in die Hände des „National Trust for Scotland“ überging. Das Anwesen ist von zahlreichen Wanderpfaden durchzogen, von kleinen Teichen und sorgsam gepflegten Gartenanlagen. Wie bei vielen alten Burgen, gibt auch hier eine Geistergeschichte. Zumindest wird dies über den Green Lady's Room behauptet, wo die namensgebende Green Lady zu sehen sein soll. Sie manifestiert sich als eine Art grüner Nebel – zumindest wollen einige Besucher das schon gesehen haben.

Anschließend erkundeten wir bei einer kleinen Wanderung die angrenzenden Wälder, ehe wir zu unserem nächsten Ziel aufbrachen, der „Royal Lochnagar Distillery“. Diese befindet sich in Ballater, nahe dem Schloss „Balmoral Castle“, das zu diesem Zeitpunkt die Sommerresidenz der Queen war. In der kleinen Whiskybrennerei wird der gleichnamige Single Malt Scotch Whisky gebrannt. Dort erhielten wir eine sehr gelungene Führung von Eric, einem Franzosen, der seit etlichen Jahren in Schottland lebt. Mit viel Leidenschaft und einem gewissen Humor erläuterte er uns die Grundlagen des Whiskybrennens. Natürlich durfte auch eine Verkostung nicht fehlen.

Am Abend stand uns eine ganz besondere Aufgabe bevor: die Bewältigung des berühmt berüchtigten Ashvale's Whale in den in Schottland weit verbreiteten Ashvale Restaurants. Wer es schafft, den ein Pfund schweren Fisch samt Beilagen zu verspeisen, bekommt ein Zertifikat und die Möglichkeit, einen zweiten Ashvale Whale gratis zu bestellen.

Schon als Schottland als Exkursionsziel feststand, begann Professor Reich von der Ashvale Herausforderung zu schwärmen, sodass der Besuch des Restaurants zum absoluten Pflichttermin geworden war.

Am Sonntagmorgen stand Stonehaven als Ziel auf unserem Programm, das nur

ein paar Kilometer südlich von Aberdeen liegt. Bei unserer Ankunft wurden wir von den vielen Menschen auf der Straße des kleinen Ortes überrascht. Wie sich herausstellen sollte, fand an diesem Tag das alljährliche Hafenfest der Stadt statt. Vor unserer kleinen Wanderung zum nahegelegenen Dunnator Castle schauten wir uns noch eine Wikingerparade an und lauschten der Musik einer Gruppe von Dudelsackspielern.

Mittagspause machten wir in einer Bucht an einem Steinstrand. Dort versuchten sich einige im Bauen von Steintürmen. An der Festung Dunnator Castle angekommen, erfuhren wir vieles über die Geschichte der Region, über damalige Herrscher und über das Leben der Menschen. Natürlich gab es auch wieder eine Geistergeschichte.

Zurück in Stonehaven, sammelten wir uns in einem Pub und genehmigten uns ein kühles, schottisches Bier. Wir fanden auch den Laden, der die dort so berühmten, frittierten Marsriegel erfunden hat. Vor unserer Rückfahrt ließen es sich einige nicht nehmen, noch in der eiskalten Nordsee zu schwimmen. Am frühen Abend waren wir zurück in Aberdeen und besprachen noch das Vorgehen für den nächsten Tag, an dem der erste Firmenbesuch in Schottland stattfinden sollte.

Am 31. August starteten wir in die neue Woche mit einem Besuch der Service-Firma Halliburton im gut eineinhalb Stunden Fahrtzeit entfernten Arbroath. Halliburton wurde 1919 von dem US-Amerikaner Erle P. Halliburton gegründet, der durch eine neue, patentierte Methode der Bohrlochzementierung Berühmtheit erlangte. Heutzutage ist Halliburton in allen für das Bohren relevanten Servicebereichen tätig und hinter Schlumberger führend auf diesen Gebieten. Zudem hat sich Halliburton mit der hauseigenen Planungssoftware Landmark einen Namen gemacht. 2014 wurde bekannt, dass eine Übernahme von Baker Hughes durch Halliburton bevorsteht. Professor Reich legte schon im Voraus großen Wert darauf, dass wir insbesondere in Schottland zu den Firmenbesuchen im Anzug erscheinen. Gesagt, getan, standen wir alle gestriegelt und gebügelt vor unserem ersten schottischen Firmenbesuch. Allerdings wunderten sich die Mitarbeiter etwas über unser Auftreten, da wir die Einzigen mit Anzug und Krawatte waren! Zuerst wurden wir über das Werksgelände geführt und uns die einzelnen Arbeitsschritte und -prozesse detailliert erklärt. In Arbroath werden insbesondere

Bohrlochwerkzeuge gefertigt. Anschließend wurden uns im Konferenzraum die Firma und dieser Standort in Fakten und Zahlen präsentiert. Abgeschlossen wurde dieser angenehme Firmenbesuch von einem leckeren Mittagsimbiss.

Am vorletzten Tag unserer Exkursion besuchten wir zwei Standorte der Service-Firma Baker Hughes. Die Hughes Tool Company wurde 1908 von Howard R. Hughes, Sr. gegründet, der sich den ersten Rollenmeißel patentieren ließ. 1987 verschmolz die Hughes Tool Company mit Baker International, gegründet von Reuben C. Baker – dem Erfinder des Rohrschuhs, zu Baker Hughes.

Am Vormittag fuhren wir nach Portlithen und wurden herzlich von den dortigen Mitarbeitern empfangen. Nach einer Einführung in die Bohrlochplanung mit der Möglichkeit, Fragen zu stellen, wurden wir über das Werksgelände geführt und bekamen alle Arten von MWD- und LWD-Geräten zu sehen. Aufgrund des zurzeit niedrigen Ölpreises und der damit verbundenen schlechten Auftragslage war es uns möglich, Geräte zu besichtigen und erklärt zu bekommen, die sonst fast nie auf Lager sind, wie zum Beispiel einen akustischen LWD-Sensor (Sonic Tool), der Schallwellen aussendet, deren Ausbreitung materialabhängig ist. In diesem Zusammenhang wurde uns auch das eher unauffällige Kalibrierungsgebäude gezeigt, in dem Eisen beziehungsweise Metalle strikt verboten sind, um Beeinflussungen der Messgeräte zu verhindern. Nach der sehr interessanten Führung verabschiedeten wir uns und legten eine Mittagspause bei McDonalds ein, wo wir in unseren Anzügen wahrscheinlich die nobelste Kundschaft der letzten Wochen waren. Am Nachmittag besuchten wir das Werksgelände von Baker Hughes in Bridge of Don. Im Gegensatz zum Standort am Vormittag ging es hier um Bohrspülungen – deren Herstellung und Analyse. Neben den klassischen Instrumentarien wie dem FANN-Viskosimeter, mit dem jeder Student an unserem Institut schon mal gearbeitet hat, wurden uns auch neuartige Geräte vorgestellt, wie beispielsweise ein Hightech-Rheometer, mit dem die rheologischen Eigenschaften der Spülung unter Bohrlochbedingungen untersucht werden können, ein hochauflösendes Mikroskop oder ein Gerät, das mittels Laserdiffraktion die Größe der in der Spülung enthaltenen Feststoffe bestimmen kann.

Am Mittwoch, dem 2. September, hieß es Abschied nehmen von Aberdeen. Ein

letztes Mal konnten wir ein stärkendes englisches Frühstück mit Speck und Bohnen genießen, ehe das Flugzeug startete. In Dresden angekommen, endete unsere Exkursion.

In Erinnerung bleiben zwei wunderbare Länder mit zahlreichen Sehenswürdigkeiten und tollen Menschen, die unsere Reise sehr angenehm und kurzweilig gemacht haben. Neben den touristischen Unternehmungen sind die fachlichen Aspekte nicht zu kurz gekommen. An dieser

Stelle möchten wir uns bei den besuchten Firmen bedanken, die uns trotz einer angespannten wirtschaftlichen Lage mit offenen Armen empfingen und ihr jeweiliges Spezialgebiet engagiert vorgestellt haben:

- MICON Drilling GmbH
- Nederlandse Gasunie NV
- Halliburton
- Baker Hughes

Weiterhin möchten wir unseren Unterstützern danken, ohne die diese Exkursion kaum möglich gewesen wäre:

- DEEP Underground Engineering GmbH
- KBB Underground Technologies
- UGS GmbH
- German Section of Society of Petroleum Engineering
- Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg

Ein besonderer Dank gilt auch unseren Betreuern und Begleitern der Exkursion:

- Professor Matthias Reich
- Christian Schröder

Mit dem Motorrad auf den Spuren der Bergakademie in Südamerika

Matti Seifert und Friedrich Hanzsch



Die Carretera Austral am Lago General Carrera

Die beiden Studenten Matti Seifert und Friedrich Hanzsch bereisten von November 2015 bis April 2016 den Südamerikanischen Kontinent. Zum 250. Jubiläumsjahr der Bergakademie sollten die Verbindungen in diese Region der Welt aufgefrischt sowie in Freiberg, aber auch vor Ort, beworben werden. Dabei besuchten sie Partneruniversitäten der Bergakademie, bereisten alte Expeditionsrouten, mittelalterliche Bergwerke, Salzwüsten, Sandwüsten, Betonwüsten, Regenwälder, Großstädte, Kleinstädte, Geisterstädte, Touristenhochburgen – Orte, die nicht mal Google kennt – und das Ende der Welt.

Sie kämpften mit Motorschäden, Wetterumschwüngen, kriminellen Einheimischen, überbordender Bürokratie, Straßensperren, Benzinengpässen, Streiks, Einbahnstraßen, viel zu dünner Luft, mangelnder Ersatzteilversorgung und erzählen hier nun, warum sie alles noch mal genauso machen würden.

Nach über vier Jahren Vorbereitungszeit ging es Mitte November 2015 mit dem Flugzeug nach Santiago de Chile. Dort ganz in der Nähe, warteten bereits ihre beiden Motorräder aus Deutschland in einem Zollager in Valparaíso an der Küste. Auf diesen ging es dann Anfang Dezember zunächst in Richtung Süden. Kurz vor Concepción, nach etwa 650 km, gab die erste Maschine ihren Geist auf. Ein ganzes Dorf half schließlich dabei, den Vortrag an der Universidad de Concepción doch noch termingerecht zu ermöglichen. Und selbst ein Unfall mit einem Bus konnte die beiden nicht daran hindern am 4. Dezember 2015 in Concepción vor Studenten zu sprechen.

Kurz nach Concepción erwischte es an einem traumhaften Küstenabschnitt die zweite Maschine. Chile zeigte sich wieder von seiner besten Seite, und eine

Arztfamilie adoptierte die beiden kurzzeitig über das Wochenende, inklusive Organisation sämtlicher Reparaturen sowie detaillierter Vorschläge zum weiteren Streckenverlauf. Den Tipps folgend wurde schließlich Valdivia besucht, in Pucón ein aktiver Vulkan bestiegen und in Puerto Varas Weihnachten gefeiert.

Danach ging es auf die legendäre Carretera Austral, eine noch größtenteils unasphaltierte Piste, die wohl die beste Fahrschule der Welt darstellt, denn wer sich vorsichtig an sie heranwagt, wird in kürzester Zeit seine Fahrfähigkeiten enorm verbessern können. Nachdem allerdings die nächste Panne ausgerechnet auf einer Fähre folgte und die beiden Glückspilze für eine ganze Woche mitten im Nirgendwo stranden ließ, waren Busse und Jeeps von Touristen die einzigen Fortbewegungsmittel. Weiter ging es über

Coyhaique nach Argentinien. Die 160 km lange Schotterpiste rings um den Lago General Carrera meisterten die Bergakademisten nach acht Stunden, einem brenzligen Ausweichmanöver vor der Polizei und dem ersten Schock, in Argentinien zu sein.

Dort waren die beiden Europäer erst einmal Bittsteller, denn ihre Kreditkarten wollte niemand, genauso wenig wie ihre Dollar oder Euro. Der Gegenwehr der hiesigen Finanzbranche entzogen sich die Beiden schließlich mit der Argumentation, dass sie selbst zwar ohne Probleme noch drei weitere Tage ohne zusätzliche Vorräte in die nächstgrößere Stadt nach Süden fahren könnten, sich ihre Maschinen jedoch partout nicht lediglich mit Reis und Nudeln betreiben ließen. Man zeigte Erbarmen und ermöglichte die Weiterreise nach Süden. Die argentinische Pampa bot ein eindrucksvolles Kontrastprogramm zur regenwaldartigen Carretera Austral. Die Weite Argentiniens sowie die Einsamkeit waren überwältigend. Wilde Guanacos und Nandus säumten die Straßen, die stets bis zum Horizont führten. Während weite Teile Chiles eher an Europa erinnern, war die überwältigende Größe der Pampa die erste wirklich fremdartige Landschaft, die die Motorradreisenden zu Gesicht bekamen. Nach einem Abstecher in den Torres del Paine Nationalpark in Chile erreichten die zwei schließlich Punta Arenas. Dort beschlossen sie auch, künftig keine Panne mehr zu haben, da man ihre Motorräder scheinbar auf dem gesamten Kontinent nicht oder nicht rechtzeitig mit passenden Ersatzteilen versorgen konnte.

Mit der Fähre ging es schließlich nach Feuerland, wo sie nach zwei Monaten Ende Januar mit Ushuaia den südlichsten Punkt ihrer Reise erreichten. Sechs Tage später und 3100 km weiter nördlich erreichten die Beiden Buenos Aires. Die Hauptstadt Argentiniens überraschte die beiden Abenteurer nicht nur mit ihrer äußerst einladenden kulturellen Vielfalt. Auch ein Raubüberfall im Arbeiterviertel La Boca, sowie die anschließende, sehr ernüchternde, Polizeiarbeit veranlassten die beiden Geschädigten, noch eine weitere Woche an diesem schönen Ort zu verweilen.

Die nächste Station nach Buenos Aires war das etwa 300 km entfernte Rosario; die beiden Glücksritter schafften jedoch nur ein Drittel der Strecke. Allerdings

nicht nur weil sie wieder viel zu spät losgekommen waren, sondern auch weil sich ein Dichtring am vorderen Stoßdämpfer verabschiedet hatte und nun Hydraulikflüssigkeit auf die Bremsanlage floss und diese somit außer Kraft setzte. Der Schaden war ärgerlich, brachte den beiden jedoch drei kostenlose Nächte auf der Halbinsel eines Millionärs ein, bevor der Norden Argentiniens und der Aufstieg auf über 3000 Höhenmeter nach Bolivien folgten.

Ein besonderes Erlebnis für die zwei Studenten war die Zeit in Potosí. Dort hielten sie einen Vortrag an der Partneruniversität Universidad Autónoma Tomás Frías. Mit dieser Universität gibt es schon seit langem eine besondere Verbindung zu Freiberg. Die Beziehung reicht über 200 Jahre zurück, zu dem Freiburger Absolventen Fürchtegott Leberecht Freiherr von Nordenflycht, welcher damals im Auftrag der spanischen Krone eine Expedition leitete, um unter anderem die Erträge der Silberbergwerke in Potosí zu steigern.

Am 14. März erreichten die beiden Expeditionisten Potosí. Eine besondere Herausforderung stellte neben dem bolivianischen Straßenverkehr auch die dünne Luft auf ca. 4.000 Metern Höhe dar. Durch den geringen Sauerstoffanteil in der Luft hatten sowohl die Motorräder als auch die Beiden mit einem großen Leistungsverlust zu kämpfen. Wenn sie die zwei kleinen Treppen zu ihrem Zimmer im Hostel hinaufstiegen, waren sie völlig außer Atem.

Glücklicherweise lag der Vortragsraum der Universität auch nicht höher als im 2. Stock. Die Resonanz an der Universidad Autónoma Tomás Frías auf das Vortragsangebot war äußerst positiv. Zusätzlich zum vollen Vortragsraum beehrte auch der Vizerektor der Universität die zwei Freiburger Universitätsbotschafter mit seiner Anwesenheit. Auf Initiative der beiden Studenten hin ermöglichte der Vizerektor ihnen den Zugang zu den Archiven der Casa de la Moneda, der alten Münzprägestalt, die heute sowohl Museum als auch Stadtarchiv ist. Dort durchforsteten sie endlose Mengen von Karteikarten auf der Suche nach mehr Informationen über die Expedition des Freiburger Absolventen Nordenflycht. Tatsächlich ist es ihnen gelungen, bisher noch nicht verwendetes und über 200 Jahre altes Originalmaterial in Kopie mit nach Freiberg zu bringen. Die

Auswertung der Unterlagen führt zurzeit (Stand August 2016) das Freiburger Universitätsarchiv durch.

Von Potosí aus ging die Reise weiter nach Uyuni. Dort befindet sich mit dem sogenannten Salar de Uyuni eine der größten Salzflächen der Welt. „Es ist schon beeindruckend, wenn man bis zum Horizont nichts sieht außer Salz und die Hitze die über dem Boden flimmert“, berichten die zwei Abenteurer. Natürlich wurden die Motorräder danach gründlich gereinigt, um zu verhindern, dass sie neue Rostschäden bekommen.

Ein besonderes Dankeschön für die Unterstützung der TU Bergakademie Freiberg brachten die beiden Studenten aus dem Osten Boliviens mit. Dabei handelt es sich um eine Bodenprobe der Position 17°00' S 65°00' W (1765 als Gründungsjahr der TU Bergakademie Freiberg), wofür sie extra einen mehrtägigen Umweg durch den bolivianischen Dschungel machten.

Nach einem kurzen Besuch in La Paz ging es weiter Richtung Titicacasee und an diesem entlang bis hinein nach Peru. Dort musste man sich hinter der Grenze wieder einiger Maschinenprobleme annehmen. Zum einen war es allerhöchste Zeit, neue Reifen aufzuziehen, und zum anderen musste auch die eine oder andere Reparatur durchgeführt werden. Glücklicherweise ist dies viel billiger als in Argentinien und so kann man dort für insgesamt ca. 20 € einen Reifen auf die Felge ziehen, eine kaputte Federgabel sowie eine kaputte Zündung reparieren und noch eine Durchsicht des Vergasers machen lassen. Nun sollte die restliche Strecke bis Lima problemlos verlaufen, damit noch genügend Zeit bliebe, sich die äußerst beeindruckenden Ruinen von Machu Picchu anzusehen. Am Ende kam auf der Strecke von Cusco nach Lima doch etwas Hektik auf, um rechtzeitig für den nächsten Vortrag an der Päpstlich Katholischen Universität von Peru (Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) zu sein. Auch dort wurden die beiden Vertreter aus Freiberg sehr herzlich empfangen und berichten, dass sich ein Austausch für Freiburger Studenten durchaus lohnen würde, da diese Universität exzellente Bedingungen bietet. In Lima endete auch die Expedition und die zwei Universitätsbotschafter traten Mitte April die Heimreise an.





Arctic Floating University 2016

Julia Wolfram

Die ersten Eisberge im Norden

Am 6. Juni 2016 begann für mich die Reise in die Arktis im Rahmen einer Expedition, welche von der „Northern Arctic Federal University“ (NAFU) in Archangelsk (Russland) ausgerichtet wurde. Es sollte eine dreiwöchige Schifffahrt werden, mit dem Ziel, den Norden Novaya Semlyas zu erreichen, wobei mehrere Landgänge auf dem Weg in den Norden geplant waren. Außerdem galt es, die Arktis innerhalb verschiedener Kleingruppen unter unterschiedlichen Aspekten zu betrachten. Dabei wurden sowohl naturwissenschaftliche, politische als auch soziale Schwerpunkte in der Arktis mittels verschiedener Arbeitsgruppen analysiert. Für die naturwissenschaftlichen Komponenten gab es unter anderem Gruppen mit dem Hauptaugenmerk auf die für die Arktis typische Geologie, Insekten und Naturphänomene. Ich wählte die letztgenannte Gruppe, da mir diese als Ergänzung für mein Geoökologie-Studium als am sinnvollsten erschien.

Am Abend des 6. Juni erreichte ich Archangelsk und bezog meine Kajüte auf unserem Expeditionsschiff. Am darauffolgenden Tag legten wir 17 Uhr

ab. Der erste Abend wurde dazu genutzt, das Schiff zu erkunden und die anderen Teilnehmer kennenzulernen.

Der erste Landgang sollte erst nach vier Tagen stattfinden, was uns sehr viel Zeit gab, einander besser kennenzulernen, aber auch in den Arbeitsgruppen zu besprechen, was im jeweiligen Fokus der Untersuchungen stehen sollte. Außerdem wurde die Zeit genutzt, um Vorbereitungen für die Forschung auf dem Festland zu treffen sowie die entsprechenden Geräte kennenzulernen und zu testen.

In meiner Gruppe sollten die Resultate der verschiedenen, spezifisch arktischen Naturphänomene beobachtet und erklärt werden. Des Weiteren wurden Klimaparameter wie Windgeschwindigkeit, Temperatur und Luftfeuchte untersucht, um auf eventuelle Veränderungen aufgrund des Klimas zu schließen. Auch anhand der Anordnung der Wohnhäuser kann teilweise darauf geschlossen werden, dass sich eine Veränderung im Klima vollzieht, da sie von den Ureinwohnern in andere Himmelsrichtungen ausgerichtet werden.

Aufgrund zu starken Windes musste der erste Landgang leider ausfallen und

wir betraten erst am 11. Juni Land, das noch Teil des russischen Festlands war („Belij Nos“). Dort befindet sich eine meteorologische Station. Am folgenden Tag landeten wir ein weiteres Mal an, diesmal auf der Insel Vaigach, in Varnek. Varnek ist ein Dorf mit circa 45 Ureinwohnern (Nenzen). In der Nähe dieses Dorfes befand sich zu Zeiten der Sowjetunion ein Arbeitslager, von dem bis heute immer noch Spuren zu finden sind. Dort entdeckten wir eine sehr imposante Stelle, die uns die Folgen des Klimawandels vor Augen geführt hat. Wir konnten beobachten, so erklärte es uns unsere Tutorin, welche Auswirkungen das Schmelzen des Permafrosts auf den Boden hat. Es entsteht ein tiefes Loch, weil der Boden aufgrund fehlenden Zusammenhalts kollabiert. Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass das in der Nähe gelegene Dorf nur schlechte Chancen hat für einen Fortbestand, wenn sich das Klima weiter erwärmt.

Unser nächster Stopp sollte nun endlich am nördlichen Novaya Semlya stattfinden. Schon die Fahrt in den Norden war sehr beeindruckend, da wir von der Ferne die schneebedeckten Berge an der Küste der

Insel sehen konnten. Auf der Insel selbst sahen wir am 16. Juni den ersten Gletscher und die ersten Eisberge auf unserer Reise. An den folgenden Tagen konnten wir aufgrund der Wetterverhältnisse und des vielen Eises nicht mit den Schlauchbooten an Land gehen, da dies zu gefährlich geworden wäre. So fuhren wir nur mit dem großen Schiff in unterschiedliche Buchten, um die Naturgewalten der in das Meer mündenden Gletscher zu bewundern. Am 18. Juni erreichten wir den nördlichsten Punkt unserer Expedition, das „Kap der guten Wünsche“.

Anschließend fuhren wir auf ziemlich direktem Weg wieder zurück gen Süden. Besonders beeindruckend war, dass wir die letzten 2,5 Wochen keinen Sonnenuntergang mehr gesehen hatten und wir sowohl am Tag als auch in der Nacht strahlende Sonne, oder eben Wolken, bewundern konnten. Die Nacht vom 24. zum 25. Juni allerdings war für uns alle ein

sehr besonderes Ereignis. Wir ankerten an einer kleinen Insel um 23:30 Uhr und beobachteten bis dahin den wunderbaren tiefroten Sonnenuntergang. Als wir zu Fuß das Ende der Insel erreichten, konnten wir schon wieder den Sonnenaufgang sehen, ohne dass die Sonne zwischendurch hinter dem Horizont verschwunden war. Nach zwei weiteren Landgängen erreichten wir am 27. Juni morgens wieder Archangelsk.

Zusammenfassend war die Reise für mich sowohl aus wissenschaftlicher, aber auch aus sozialer und persönlicher Sicht eine Bereicherung. Ich lernte einige natürliche Prozesse, welche sich in der Arktis abspielen, und neue Herangehensweisen an Problematiken kennen. Vor allem erfuhr ich dabei natürlich, wie die russischen Studenten und Lehrenden wissenschaftlich arbeiten. Leider gibt es auch einen negativen Aspekt, welcher keine unwesentliche Rolle bei der Bewertung dieser Expedition spielt. An den Tagen, an

denen wir nicht an Land gingen, wurden je vormittags und nachmittags Vorlesungen zu Themen der Arbeitsgruppen oder allgemein über die Arktis gehalten. Dies wäre für mich sehr interessant gewesen. Allerdings wurden die Vorlesungen zu 90 Prozent auf Russisch gehalten, dessen ich leider in Sprache und Schrift noch nicht mächtig bin, wodurch mir (trotz freundlicher, aber sporadischer Übersetzungen durch die anderen Expeditionsteilnehmer) der Zugang zu einem Teil der möglichen Erkenntnisse verwehrt blieb.

Bis auf den letztgenannten Punkt, bin ich jedoch mehr als begeistert von dieser Forschungsreise und würde – vor allem bei sicherem Umgang mit der Landessprache – diese Expedition auch anderen Arktisinteressierten ans Herz legen. Es wurde uns allerdings versichert, dass der Teilnehmerkreis der nächsten Expeditionen noch internationaler werden soll und somit auch auf Englisch referiert werden wird.

GEM Summer School 2016 in Nowosibirsk und dem Altaigebirge

Matthias Brensing, Victor Gonzalez

Biomaterialien bzw. jene Werkstoffe, die vor allem in der Medizintechnik eine große Rolle spielen, gewinnen bei einer im Durchschnitt älter werdenden Bevölkerung eine immer größere Bedeutung. Vor allem Gelenkverschleiß und Osteoporose machen Prothesen und Orthesen notwendig, um die Lebensqualität der Patienten zu erhalten. Derartige Produkte erfordern spezielle Eigenschaftsprofile, bei welchen die Biokompatibilität in Hinblick auf z. B. Toxikologie Beachtung findet. Verschiedene Werkstoffe auf ihre Tauglichkeit für diesen Bereich zu überprüfen, war Aufgabe der GoEast Summer School des DAAD in Nowosibirsk im Sommer 2016.

Etwa 20 Studenten aus Deutschland und Japan wurde die Möglichkeit geboten, in diesem Fachkurs Biomaterialien herzustellen und zu untersuchen. Eingeteilt in drei Gruppen, wurden eine Keramik auf Al_2O_3 -Basis, eine mittels Elektronenstrahl gehärtete Titanlegierung sowie eine Stahl-Kupfer-Legierung näher betrachtet. In der letztgenannten Gruppe forschten auch zwei Freiburger – Victor Gonzalez, Doktorand im Bereich Energieverfahrenstechnik, und Matthias Brensing, Student der Werkstofftechnik.

Begleitende, grundlegende Vorlesungen für die Materialcharakterisierung in Bezug auf die Gebrauchseigenschaften

wurden gehalten, um die Teilnehmer diverser Fachrichtungen auf einen Stand zu bringen. Im Vordergrund standen Grundlagen der Licht- und Elektronenmikroskopie sowie der Röntgenoptik – speziell die Auflösungsgrenzen, Kontrastarten und Möglichkeiten zur Bestimmung der kristallographischen Orientierung bildeten die Grundlage für den „Crashkurs“ der bildgebenden Materialcharakterisierung. Ferner wurden auch (semi-) quantitative Methoden zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung wie Glimmentladungsspektroskopie und die energie- bzw. wellenlängendispersive Röntgenstrahlspektroskopie betrachtet. Besonders hervorzuheben ist allerdings die Abschlussvorlesung über Phasendiagramme, in der Assistenzprofessor Ivan Bataev Phasengleichgewichte verschiedener Flüssigkeiten erläuterte und die Frage beantwortete, warum Wasser und anderen Substanzen sich trüben.

Während der Laborarbeit stellte die Gruppe „Stahl-Kupfer-Legierung“ dieses Material mit einem untereutektoiden Stahl (ca. 0,25 gew.-% C) und technisch reinem Kupfer her. Mit Hilfe eines *electric arc melter* (Lichtbogenschmelzer) wurden die abgewogenen Ausgangsstoffe in Argonatmosphäre aufgeschmolzen. Die Zusammensetzungen wurden mit einem optischen Glimmentladungsspektroskop geprüft. Die metallographische Präparation wurde für die anschließende Betrachtung mit dem Lichtmikroskop notwendig.

Hierbei wurden die Proben nicht nur geschliffen und poliert, sondern auch geätzt, um Kupferausscheidungen besser sichtbar zu machen. Um eine Aussage über die mechanischen Eigenschaften der entstandenen Legierungen zu treffen, wurden schließlich noch Mikrohärtewerte (Vickers) gemessen. Hierbei stellte sich heraus, dass mit steigendem Kupfergehalt auch ein Anstieg der Härte messbar ist.

Neben den fachlichen Inhalten bestand für die Teilnehmer der Sommerschule ferner die Möglichkeit, einen Russischkurs für Anfänger wahrzunehmen. Als besonderer Höhepunkt des nicht-fachlichen Programms zählt der fünftägige Aufenthalt im Altaigebirge nahe der Stadt Tschimal. Während dieser Exkursion wurde der Sprachkurs fortgesetzt, und dem Freizeitprogramm wurden viele sportliche Elemente beigefügt. Ein Ausritt in die Umgebung, Wandern, Rafting sowie Volleyball in dem nahegelegenen universitätseigenen Lager gehörten zum Programmablauf. Abgerundet wurden die aktiven Tage mit Banya-Besuchen (russische Sauna) und abendlichem Grillen am Lagerfeuer. Das vielseitige Programm der Sommerschule sowie die Aufgeschlossenheit der Dozenten und Studenten hat für den ganzen Zeitraum eine entspannte und angenehme Atmosphäre geschaffen. Ferner hat der hohe wissenschaftliche Standard, kombiniert mit den sehr gut ausgestatteten Laboratorien, für immensen Wissenszuwachs bei allen Teilnehmern gesorgt.

Ausbildung zum Wissenschaftlichen Taucher in Ägypten

Franziska Gebhard

Fotos: ©: Scientific Diving Center



Dornenkronenseestern



Blaupunktstachelrochen

Die Ozeane bedecken zwei Drittel unserer Erde. Die Erkundung des Meeresbodens und der Unterwasserwelt gestalten sich schwerer als an Land. Die wissenschaftliche Arbeit unter Wasser ist durch die speziellen Lichtverhältnisse und den Schwebezustand für unerfahrene Wissenschaftler schwierig und führt bei fehlenden Kenntnissen zu ungenauen bzw. falschen Ergebnissen. Im flachmarinen Bereich (bis ca. 50 m) können mit Hilfe von wissenschaftlichen Tauchern präzise Messvorgänge und Probenahmen durchgeführt werden.

Um solche Kenntnisse zu erlangen bietet das Scientific Diving Center der TU Bergakademie Freiberg eine spezielle Ausbildung an. Diese ist nicht fachspezifisch gebunden und befasst sich mit Fragestellungen der Geologie, Hydrogeologie, Hydrochemie, Geoökologie, Biologie, Mikrobiologie, Archäologie und anderer Gebiete. In diesem Zusammenhang führte uns im Rahmen des Moduls Wissenschaftliches Tauchen eine Exkursion vom 6. bis 15. März 2016 nach Ägypten, südlich von Marsa Alam (Tondoba Bay) ans Rote Meer. Unter der Leitung von Dr. Thomas Pohl und Dipl.-Geologin Jacqueline Engel vom Scientific Diving Center (SDC) der TU Bergakademie Freiberg wurden den teilnehmenden Studenten die

Zusammenhänge des Ökosystems Riff und deren Funktionen, das wissenschaftliche Arbeiten unter Wasser und dessen Voraussetzungen näher gebracht.

Im Vordergrund standen die Grundlagen der wissenschaftlichen Untersuchungen unter Wasser, was dabei zu beachten ist und wie man mit Messgeräten, Werkzeugen oder Kameras umgeht. Dabei wurden spezielle Übungen durchgeführt, wobei die Studenten mit verschiedenen Situationen konfrontiert wurden (Tauchen mit der Strömung, Gruppenführung, Orientierung unter Wasser, sicheres Tarpieren auf verschiedenen Tiefen, Bewältigen von Stresssituationen).

Eine der wichtigsten Übungen waren die Vor- und Nachbesprechungen eines jeden Tauchgangs, da diese den angehenden wissenschaftlichen Tauchern eine sinnvolle und effektive Verknüpfung der Planung, Realisierung, Ergebnisinterpretation und der Auswertungsarbeiten vermitteln konnten. Mit diesen Kenntnissen werden wichtige Beiträge zur Erforschung der Unterwasserwelt geleistet.

Neben der Ausbildung der Fertigkeiten zum Wissenschaftlichen Taucher wurden auch Kenntnisse zur Meeresbiologie vermittelt. Dabei wurde speziell auf die

Funktion eines Riffes als Lebensraum, dessen Aufbau und die Artenbestimmung eingegangen. Zu diesen Themen fanden zwischen den zwei Tauchgängen am Tag noch Lehrveranstaltungen statt. Hierbei wurde unter anderem die Theorie zur Artenbestimmung unter Wasser vermittelt.

Während der Tauchgänge war es dann die Aufgabe jedes Studenten, die gesichteten Tierarten zu dokumentieren und nach dem Tauchgang mit Hilfe von Bestimmungsbüchern genauer zu benennen. Zu den dabei erfassten Arten gehörten diverse Doktorfische, Falterfische, Drückerfische, Riesenmuränen, Anemonenfische, Barrakudas, Schmetterlingsfische, Flötenfische, Seenadeln, Ohrenquallen, Seepferdchen, Seegurken, diverse Weich- und Hartkorallen, Maskenkugelfische, Kofferfische, Imperator-Kaiserfische, Papageienfische, Großaugenbarsche und noch viele weitere. Als Besonderheiten wurden unter anderem noch der Blaupunktstachelrochen, der Weißspitzenriffhai und der Dornenkronenseestern erfasst. Während der Exkursion waren leider auch die anthropogenen Einflüsse auf das Meer und das Riff nicht zu übersehen. Der im Meer schwimmende Plastikmüll, alte Fischernetze oder Angelschnüre waren allgegenwärtig.

Ordoviziumforschung im Tal des Mondes: Paläontologie & Paläoökologie in Jordaniens Southern Desert

Tim Meischner



Zahlreiche Arthropodenspuren zeugen von einem aktiv belebten Meeresboden (unteres Ober-Ordovizium)

Nach Beendigung meines Masterstudiums im Fachbereich Paläontologie/Stratigraphie an der TU Bergakademie Freiberg, begann ich unter der Leitung von Prof. Dr. Olaf Elicki mein Promotionsstudium zum Thema: [...] *Ordovician marine ecosystems of Jordan (Middle East)* [...]. Hierbei führten uns die dazu notwendigen ersten Geländearbeiten vom 7. bis 21. März 2016 mit Unterstützung des „Ministry of Energy and Mineral Resources“ (MEMR) Amman, in die südlichen Wüstenregionen Jordaniens. Es bestand die Aufgabe, die lithologischen Profile des mittleren und oberen Ordoviziums (485 bzw. 460 Millionen Jahre) zu dokumentieren und deren Fossilinhalt aufzunehmen. Die Abfolgen datieren in eine Zeit der Erdgeschichte, die einer großen evolutionären Radiation nach der „kambrischen Explosion“ unterlag. Dieses „Great Ordovician Biodiversification Event“ stellt eines der bedeutendsten Einschnitte hinsichtlich der Biodiversität in der Entwicklung des Lebens dar. Innerhalb von nur 25 Millionen Jahren entwickelten sich zahlreiche Familien, Gattungen und Arten in immer komplexer werdenden Nahrungsnetzen und Ökosystemen. Die enorme Radiation zu belegen, war eines der Hauptanliegen der Geländearbeiten. Von der im Südosten Jordaniens gelegenen Feldunterkunft Batn Al Ghul aus erfolgten tägliche Anfahrten zu markanten Aufschlüssen. Hauptarbeitsgebiete hierbei waren die Gebiete Abu as Suwan, Wadi al Muhaysh ash Sharqi, Wadi Kharayyim und Wadi Al Hiswa, allesamt zwischen dem bekannten Wadi Ram und Mudawwara gelegen, ca. 30 km nördlich der saudischen Grenze.

Besonderes Augenmerk fiel dabei auf Ichnofossilien – nicht die Überreste des eigentlichen Organismus, sondern vielmehr die Spuren seiner Lebenstätigkeit. In Verbindung mit dem Sediment, in dem sie auftreten, liefern sie erstaunliche Erkenntnisse über den Ablagerungsraum und die vorherrschenden ökologischen Bedingungen. Auf eine besonders bedeutende Fundstelle stießen wir bereits am zweiten Tag: Auf einer ca. 3 m² großen Sandsteinplatte zeigte sich eine erstaunliche Vielfalt verschiedenster Ichnotaxa und gab den Blick frei auf einen äußerst belebten Meeresboden, als Teilstück eines ehemals riesigen Schelfareals des Superkontinents Gondwana.

Für eine systematische Analyse eben jener Bedingungen war es nötig, innerhalb wichtiger stratigraphischer Level gezielt Proben zu entnehmen. Da dieses Promotionsvorhaben den Fokus auf paläontologische Fragestellungen legt, wurden zusätzlich die ordovizischen Exponate der Sammlung des „MEMR“ fotografisch dokumentiert. Ziel hierbei war es, einen Datensatz des vollständigen Fossilmaterials zu erstellen. Zusammen mit denen im Gelände gewonnen Erkenntnissen lässt sich dieses Schelfareal nun um paläobiologische Gesichtspunkte erweitern und anhand stratigraphisch bedeutender Leitfossilien das Alter der Sedimentabfolgen genau einstuft. Eines der Hauptprobleme in der Paläontologie ist meist die Dimensionalität des erhaltenen Materials. Körperfossilien lassen sich leicht im Gelände aufsammeln und für weitere Untersuchungen überführen. Spurenfossilien sind hingegen auf

Schichtflächen zu finden, welche als große Blöcke durch Verwitterungsprozesse aus der Aufschlusswand herausbrechen und somit zu Tage treten. Die einzige Möglichkeit, diese Funde zu erhalten bevor sie der Verwitterung anheimfallen, ist ein Abguss mittels gefärbter Latexmasse, welche nach dem Trocknen einfach abgetrennt und zusammengerollt werden kann. Dieser Negativabzug kann dann später bei Bedarf durch Präparatoren für die Anfertigung einer Kunstharz-Replik benutzt oder direkt im Detail untersucht werden. Die Verwendung von Latex für die Abformung im Gelände garantiert eine mittelfristige Formstabilität, so dass für die Herstellung der Repliken ein Zeitfenster von mehreren Monaten zur Verfügung steht. Zudem können Einzelspuren oder Details zusätzlich mit schnellhärtender Fino-Paste – einer elastomeren Silikonnetzmasse aus der Dentalprothetik – abgenommen werden.

Der erste Aufenthalt diente der Bestandsaufnahme der lithologischen und paläontologischen Charakteristika; bei einer zweiten Geländetour sollen eben jene Spurenplatten konserviert und nach Freiberg überführt werden, da sie auch bisher unbekannte Taxa enthalten können. Mit den jordanischen Partnern des „MEMR“ wurde eine Fortsetzung der bisherigen, sehr erfolgreichen Zusammenarbeit vereinbart. Diese wird künftig gemeinsame Publikationen, Workshops, die Fortsetzung des Memorandum of Understanding und nicht zuletzt weitere Geländearbeiten einschließen – eine unschätzbare Hilfe vor Ort!

Die großzügige finanzielle Unterstützung der diesjährigen Geländearbeiten durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst trug ganz wesentlich zum Erfolg dieser Forschungsreise und zu meiner eigenen wissenschaftlichen Entwicklung in großem Maße bei!



Das Spurenfossil Cruziana in Sandsteinen des unteren Ober-Ordovizium. Diese Spur wurde von einem Trilobiten angelegt. Die Abbildung zeigt den Blick auf die Unterseite mit deutlich sichtbaren Kratzspuren der Laufbeine in das Sediment.

Bergwerk am Schneeberg als akademisches Lehrbergwerk Freiberger Markscheidestudenten vermessen hochalpinen Erzbergbau in Südtirol



Die Exkursionsteilnehmer am Schneeberg in ca. 2350 m Höhe

Neun Studenten des Studiengangs Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg und drei Betreuer, arbeiteten im Rahmen eines Komplexpraktikums vom 11. bis 19. Juli 2016 im Bereich der ehemaligen Südtiroler Knappensiedlung St. Martin und des Bergwerks am Schneeberg auf rund 2350 m Meereshöhe.

Das über 800 Jahre alte Bergwerk im Hinterpasseier wird bereits seit Jahren für das Südtiroler Bergbaumuseum montanarchäologisch durch M.A. Claus-Stephan Holdermann der Nordtiroler Firma CONTEXT OG erforscht. Nun hat es auch seine Qualität als akademisches Lehrbergwerk unter Beweis gestellt. Sowohl über- als auch untertage erfolgten die Vermessungen des Schneeberger Altbergbaus.

Gegenwärtig werden in der Provinz Bozen die beiden Koordinatensysteme Gauß-Boaga-System und ETRS89/UTM als amtliche Systeme benutzt und zum Beispiel im STPOS-Dienst für Realtime Messung mit GNSS unterstützt. So bestand die erste Herausforderung im Vorfeld des Messeinsatzes darin, verschiedene historische Koordinatensysteme, die sich in ihrer Definition auf das sogenannte „Schneeberger System“ beziehen, mit aktuellen und modernen Systemen zu kombinieren. Erst wenn dies gelingt, kann man in der Örtlichkeit durch die Methode der Absteckung mit GNSS erfolgreich nach alten Vermarkungen suchen. Die so im Feld erkundeten und aufgemessenen Punkte waren später wieder Ausgangspunkt für die Berechnung neuer Transformationssätze

mit dem Ziel, weitere Punktvermarkungen im Schneeberger Revier aufzuspüren. Dass die Vorbereitungsarbeiten des GNSS-Trupps in Freiberg erfolgreich waren, zeigte sich dadurch, dass dieses Wechselspiel im Verlauf der Exkursion gelang. Auf diese Art kamen an jedem einzelnen Exkursionstag neue Punkte hinzu, die erneut für die Punktssuche Verwendung



Messung des Kompasszuges im Übergang vom übertägigen zum untertägigen Bereich

fanden. Insgesamt konnten im Verlauf der Exkursion 18 Marmorsteine der historischen Vermessung von 1880 wiederentdeckt und aufgemessen werden. Darüber hinaus wurden einige offensichtliche Vermessungspunkte mit angebrachten Jahreszahlen bzw. Punktbezeichnungen entdeckt, die noch nicht eindeutig zugeordnet werden konnten. Zusätzlich wurden durch den GNSS-Trupp die Einmessung der Anschlussnetze für die beiden anderen Messtrupps am Karlstollen und im

Bereich des aufzunehmenden Tagebaus sowie die topographische Aufnahme von Gebäuden und Geländepunkten durch GNSS durchgeführt.

Die Aufgabe des zweiten Messtrupps bestand darin, einen der ältesten bekannten Abbaubereiche im Schneeberger Revier aufzunehmen. Dies war dahingehend kompliziert, als dass diese untertägigen Abbaubereiche in späteren Jahren von einem lokalen Tagebau aus dem 20. Jahrhundert überprägt wurden, so dass der Zugang in den untertägigen Teil des Abbaufelds sowohl körperlich als auch messtechnisch eine Herausforderung darstellte. Hier war es nur möglich, durch einen klassischen Kompasszug die Koordinaten vom übertägigen in den untertägigen Bereich zu übertragen, um dann im Anschluss die alten Abbaue für eine rissliche Darstellung aufzunehmen.

Finanziell und logistisch unterstützt, wurde das Projekt dankenswerterweise vom Südtiroler Bergbaumuseum (Ridnaun), vom Hüttenwirt Heinz Widmann und seinem Team der Schneeberghütte sowie vom Deutschen Markscheider-Verein und dem Verein Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg. Als ortskundiger Begleiter stand uns jeden Tag Dipl.-Ing. Marcus Wandler zur Seite, bei dem sich das gesamte Exkursionsteam an dieser Stelle ebenfalls recht herzlich bedanken möchte und der letztlich auch den Anstoß zu diesem Projekt gab.

■ Studenten des Studiengangs Markscheidewesen und angewandte Geodäsie



International Conference on Business Informatics (CBI) in Paris, Frankreich

Marco Pospiech

Der Begriff *Big Data*, das zentrale Thema meines Dissertationsvorhabens, steht in der aktuellen Diskussion am Markt als Synonym für das breite Spektrum an Themen, die sich mit den Folgen des exponentiellen Datenwachstums und der zunehmenden Heterogenität der Daten in Unternehmen beschäftigen. In diesem Zusammenhang sollen unterschiedliche Informationsangebote (Soziale Netzwerke, Blogs, Videos, Bild, Audio, Text, E-Mails, betriebswirtschaftliche Kennzahlen etc.) miteinander verknüpft und analysiert werden. Hierdurch wird es Organisationen anhand von fortgeschrittenen Analysemethoden ermöglicht, wertvolle Erkenntnisse über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg zu erzielen. Die daraus entstehenden Datenvolumina beinhalten nicht nur Forschungsfragen der Aufbewahrung, sondern auch Probleme der zeitgerechten Bearbeitung, des Zugangs sowie der zielgerichteten Bereitstellung der Daten. Der sich im Aufbau befindende Forschungszweig bedarf wissenschaftlicher Pionierarbeit. Der Schwerpunkt dieser Forschung liegt häufig im Bereich des maschinellen Lernens. Um Vorhersagen

zu treffen, müssen Modelle anhand von historischen Daten trainiert werden. Oft sind diese Daten mithilfe von Experten in Klassen einzuordnen. Allerdings verhindert die Menge der Big Data ein solches Vorgehen, da eine menschliche Zuweisung zu immensen Kosten- und Zeitaufwänden führen würde. In diesem Zusammenhang ist es gelungen, eine Methode zu entwickeln, die eine automatische Einordnung von Datensätzen ohne manuelle Aufschlüsselung ermöglicht.

Die CBI gehört zu den wichtigsten Konferenzen im Bereich Business Informatics und widmet sich dem Austausch zwischen Betriebswirtschaftslehre und Informatik. Die Anwesenheit von Vertretern aus beiden Disziplinen verspricht Synergien und Netzwerkeffekte. Ausgetragen wurde die Konferenz im Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM). 1794 während der französischen Revolution von Henri Grégoire gegründet, ist die CNAM Elitehochschule und Museum zugleich. Das Museum verfügt über eine beachtliche Sammlung an wissenschaftlichen Instrumenten und beherbergt unter anderem die Blériot XI, mit der Louis Blériot am 25. Juli

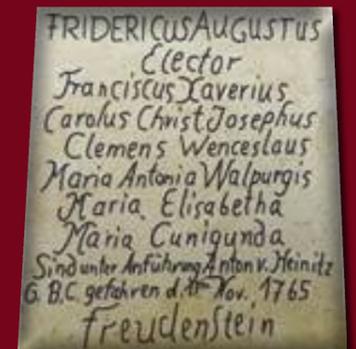
1909 als erster Mensch den Ärmelkanal über den Luftweg passierte.

In einer dreißigminütigen Präsentation erfolgte die Darstellung der wesentlichen Resultate meiner Arbeit. Der anschließende Diskurs zwischen den Teilnehmern generierte wertvolle Erkenntnisse, Ansichten und Hinweise, die mir in meiner Promotion von Nutzen sein werden. Aber auch weitere Präsentationen im Rahmen der Konferenz dienten dem Wissenserwerb. So konnten neben inhaltlichen Ansatzpunkten auch methodische Fertigkeiten und Perspektiven gewonnen werden, die in kritischen Diskussionen eruiert wurden. Neben wissenschaftlicher Diskussion, begeisterte Paris durch das reichhaltige und kulturelle Programm. Abschluss fand die Veranstaltung auf einer gemeinsamen Bootstour auf der Seine. Bei untergehender Sonne und Hors-d'œuvre fand die Veranstaltung ihren Abschluss.

Danksagung: In diesem Rahmen möchte ich mich sehr für die finanzielle Unterstützung der Freunde und Förderer bedanken, ohne deren Zutun meine Teilnahme an der International Conference on Business Informatics 2016 nicht möglich gewesen wäre.

Eine Lustreise des Landesherrn – Auslöser der Geburt der Bergakademie

Eine von den Gründungsvätern der Bergakademie, F. W. v. Oppel und F. A. v. Heynitz, inszenierte und politisch geschickt platzierte „Lustfahrt“ für den sächsischen Landesherrn, Kurfürst Xaver, und seinen Hofstaat (12.–14. November 1765) inklusive der Befahrung des Freudenstein Erbstollns in Halsbrücke erwies sich als bahnbrechend für den Gründungsakt der Bergakademie: Schon eine Woche später, am 21. November 1765, kam der Befehl von Prinzregent Xaver an das Kammer- und Bergkollegium zur Errichtung eines „Institutums“ zur Erlernung der Bergwissenschaften. Von diesem – für Freiberg so bedeutsamen hochherrschaftlichen Besuch – zeugen in Stein gemeißelte Inschriften auf Tafeln im Mundloch und Eingang des Stollns. Deren steinerne Kopie, angefertigt vom Steinmetz Deisinger, mit erklärenden Fototafeln ist der TU Bergakademie vom VFF gestiftet worden: Stein und Tafeln sind links vom Haupteingang des Gebäudes Akademiestraße 6 zu besichtigen.



Chronik 2017

1492 – 525 Jahre

- (Tag unbekannt) Adam Ries geboren, deutscher Rechenmeister, fungiert 1523/58 als Bergbeamter in Annaberg

1567 – 450 Jahre

- Saigerhütte Grünthal bei Olbernhau (gegründet 1537) wird kurfürstlich

1767 – 250 Jahre

- Kunstmeister Johann Friedrich Mende, Student 1767, baut 1767/68 die erste Wassersäulenmaschine im sächsischen Bergbau
- (03.03.) Carl Wilhelm von Oppel geboren (Sohn des Oberberghauptmanns und Bergakademiemitgründers F. W. v. Oppel), Student 1782, später Direktor des Staatlichen Steinkohlenwerks im Plauenschen Grund (bei Dresden), kommissarischer Direktor der Porzellanmanufaktur Meißen und Obersteuerdirektor in Dresden

1792 – 225 Jahre

- Erste Studenten aus Südamerika an der Bergakademie Freiberg: Manoel Ferreira de Camara (Matr 382) und Jose Bonofacio de Andrada e Silva (Matr 383) aus Brasilien
- (Tag unbekannt) Friedrich Wilhelm Krumpel geboren, Student 1809/13, Markscheider und Bergwerksingenieur in Kielce, Polen, Lehrer an der dortigen Bergakademie
- (16.01.) Hanns Caspar Hirzel geboren, Student 1811/12, Eisenwerksbesitzer in der Schweiz, Lehrer der Mineralogie am Technischen Institut Zürich

1817 – 200 Jahre

- (30.06.) Abraham Gottlob Werner gestorben, Student 1769/71, 1775–1817 Lehrer für Mineralogie, Geologie, Bergbaukunde und Eisenhüttenkunde, 1775–1817 Inspektor der Bergakademie
- (19.10.) Paul Martin Kreßner geboren, Student 1838/42, 1856/63 nebenamtlich Lehrer für Bergrecht und bergmännischen Geschäftsstil
- (25.11.) Gerhard Heinrich Louis Haniel geboren, Student 1839/43, 1873 Mitbegründer der Firma Haniel u. Lueg, Düsseldorf

1842 – 175 Jahre

- (29.01.) Otto Moritz Ludwig von Engelhardt, gestorben, Student 1805, 1820/42 Professor für Mineralogie in Dorpat
- (10.04.) Hector Röbller geboren, Student 1860/1863, Mitgründer und Direktor der Deutschen Gold- und Silberscheide-Anstalt Frankfurt/Main (Degussa)
- (13.04.) Wilhelm August Lampadius gestorben, 1794 a. o. Professor für metallurgische Chemie zur Unterstützung von Gellert, ab 1795 Professor für Chemie und Hüttenkunde
- (24.05.) Friedrich August Frenzel geboren, Student 1865/68, Hüttenchemiker, 1902 kurzzeitig Vorstand des Hüttenlaboratoriums in Freiberg
- (24.07.) Markscheider Moritz Hermann Viertel geboren, Student 1860/64, 1871/77 Lehrer, ab 1875 Professor für Markscheidekunde und Geodäsie (28.11.) Gründung des Studentencorps „Saxo-Borussia“

- (12.12.) Hermann Poetsch geboren, Student 1867/68, Erfinder des Gefrierschichtabteufens in stark wasserführenden Gebirgen

1867 – 150 Jahre

- (01.01.) Karl Adolph Roch geboren, Student 1888/93, 1922 Oberbergamtsrat und Vorsitzender des Sächsischen Grubensicherheitsamts sowie der Sächsischen Markscheider-Prüfungskommission
- (10.02.) Adolph von Morlot gestorben, Student 1843/46, Schweizer Geologe und Prähistoriker, Professor für Geologie und Mineralogie in Lausanne
- (26.03.) Heinrich Niedner geboren, Student, 1886/91, 1942 Ehrensensator, Generaldirektor sämtlicher Erzgruben, Hütten und Fabriken der Grafen Henckel von Donnersmarck, Beuthen, im In- und Ausland
- (01.05.) Bernhard Neumann geboren, 1948/51 Professor und kommissarischer Lehrstuhlinhaber sowie Direktor des Instituts für Organische Chemie
- (15.05.) Studentencorps „Teutonia“ gegründet
- (05.07.) Friedrich Emil Heyn geboren, Student 1886/90, 1901 o. Professor für Allgemeine mechanische Technologie an der TH Berlin, 1912 Mitbegründer der „Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute“
- (30.07.) Glückauf-Stipendium zur Unterstützung von Studienreisen in den Steinkohlenbergbau außerhalb von Sachsen; errichtet vom Freiherrn Christian Carl Arthur von Burgk, Besitzer des Ritterguts zu Pestowitz und großer Kohlengruben nahe Dresden
- (19.12.) Eugen Wiskott geboren, 1927 Ehrendoktor, Generaldirektor der Bergwerksgesellschaft „Hermann“ zu Bork (Ruhrgebiet)

1892 – 125 Jahre

- Gründung des Mathematischen Institutes an der Bergakademie Freiberg.
- Akademischer Verein „Sarmatia“ (Verein polnischer Studenten) gegründet
- Eröffnung der Lehrerberei in der 1889 gegründeten Deutschen Gerberschule Freiberg.
- (21.01.) Willy Bielenberg geboren, 1936/45 Professor für Organische Chemie und Institutsdirektor sowie Leiter der Chemischen Abteilung
- (02.02.) Heinrich Friedrich Gretschel gestorben, 1872/92 Professor für Mathematik und darstellende Geometrie.
- (27.02.) Franz Wilhelm Fritzsche gestorben, 1856/73 Professor für Hüttenkunde und Probierkunst
- (22.05.) Gustav Altschul geboren, Student 1910/14, Markscheider in Sachsen, insbesondere im sächsischen Steinkohlenbergbau tätig, zuletzt Technischer Leiter im VEB Martin-Hoop-Werk Zwickau.
- (03.08.) Hellmut von Philipsborn geboren, 1929/45 Professor für Mineralogie und Lötrohrprobierkunde, Direktor d. Mineralogischen Instituts
- (24.11.) Hans Oscar Schulze gestorben, Student 1872/75, ab 1884 Professor der Chemie an der Universität Santiago de Chile

1917 – 100 Jahre

- (17.02.) Edward Dyer Peters gestorben, Student 1865/69, 1914 Ehrendoktor, Hüttenleiter in den USA, ab 1904 Professor für Metallurgie an der Harvard-Universität in Boston und am Massachusetts-Institute of Technology

- (20.03.) Werner Gimm geboren, Student 1937/44, 1954/77 Professor für Bergbaukunde-Tiefbau, ab 1969 Professor für Geomechanik, 1962 bis 1968 Institutsdirektor.
- (22.03.) Karl-Franz Busch geboren, 1977 Ehrendoktor, Professor für Wasserwirtschaft und landwirtschaftlichen Wasserbau, TU Dresden.
- (01.08.) Günter Henseke geboren, 1959/71 Professor für Organische Chemie.
- (20.10.) Johannes Treptow gestorben, Student 1880/85, Bergverwalter beim Zwickau-Oberhohndorfer Steinkohlenbauverein, ab 1906 Direktor der Zwickauer Bergschule.

1942 – 75 Jahre

- (16.04.) Fritz Springorum gestorben, 1930 Ehrendoktor, Generaldirektor des Eisen- und Stahlwerks Hoesch, Dortmund.
- (01.08.) 1942 Gründung des Gießerei-Instituts
- (13.08.) Waldemar Scheithauer gestorben, 1923 Ehrendoktor, Generaldirektor der Werschen-Weißenfelser Braunkohlen AG, Halle.

1967 – 50 Jahre

- (24.02.) Hermann Eugen Müller gestorben, Student 1897/1901, Generaldirektor der Aktiengesellschaft Sächsischer Werke (ASW).
- (13.03.) Paul Rosin gestorben, Student 1908/14, ab 1931 Professor mit Lehrauftrag für Verbrennungstechnik
- (29.05.) Karl Friedrich Lüdemann gestorben, Student 1931/36, 1956/67 Professor für Eisenhüttenkunde und Direktor des Eisenhütteninstituts, 1965/67 Rektor.
- (01.06.) 1967 Gründung der Sektion Geowissenschaften
- (01.10.) 1967 Gründung des Instituts für Sozialistische Wirtschaftsführung (ISW) als „Weiterbildungseinrichtung für leitende Kader auf dem Gebiet der sozialistischen Wirtschaftsführung und daran orientierter Forschung“.

1992 – 25 Jahre

- Gründung des Instituts für Wissenschafts- und Technikgeschichte
- Einführung Studiengang Umweltverfahrenstechnik (Aufbaustudium).
- Karl Keil gestorben, Student 1923/27, Ingenieurgeologe, Geotechniker, Professor an der Hochschule für Verkehrswesen Dresden, ab 1961 an der Universität Münster
- (12.01.) Herbert Krug gestorben, Student 1948/53, 1966/84 Professor für Brikettieren, ab 1969 für Verfahrenstechnik (Agglomerations-, Trocknungs- und Entstaubungstechnik)
- (27.01.) Joachim Neubert gestorben, 1967/83 Dozent für Betriebsanalyse, ab 1968 Dozent und 1976 Professor für Allgemeine Statistik und Wirtschaftsstatistik.
- (26.02.) Joseph Czikel gestorben, 1952/66 Professor für Gießereikunde und Institutsdirektor
- (März) Wladimir W. Rshewski gestorben, Professor, Rektor des Bergbau-Instituts Moskau
- (13.04.) Namensverleihung „Lampadius-Bau“, Gebäude Gustav-Zeuner-Straße 7
- (08.07.) Roland Wienholz gestorben, 1972/92 Professor für Geologie
- (09.12.) Werner Lange gestorben, 1947/50 Professor für Metallhüttenkunde sowie 1962/66 für Metallkunde und Materialprüfung der Bergakademie, Direktor des Forschungsinstituts für NE-Metalle Freiberg

■ Roland Volkmer

100 Jahre Institut für Metallografie/Metallkunde/Werkstoffwissenschaft & 75 Jahre Fachrichtung Metallkunde/Werkstoffwissenschaft

Andreas Leineweber

Zusammen mit über 150 Freunden, Wegbegleitern und Ehemaligen des Instituts feierte am 6. und 7. Oktober dieses Jahres das Institut für Werkstoffwissenschaft der Technischen Universität Bergakademie Freiberg die 100-jährige Wiederkehr seiner Gründung als Institut für Metallografie im Jahr 1916.

Mit diesem Alter ist das Institut eines der ältesten Universitätsinstitute seiner Art in Deutschland. Die Gründung spiegelte die damals sehr aktuell aufkommenden Bestrebungen wider, makroskopische Eigenschaften von Metallen und Legierungen auf ihren mikroskopischen Aufbau zurückzuführen. Das stellte eine Emanzipation der Metallografie als eigenständiges Wissenschaftsgebiet gegenüber der Metallurgie dar. Die Umbenennung in Institut für Metallkunde 1934 zeugt von seiner fachlichen Erweiterung. Aufgrund einer immer breiter gewordenen thematischen Ausrichtung – auch auf anorganische Nichtmetalle – geschah 2006 ein Namenswechsel hin zu Institut für Werkstoffwissenschaft.

Über die Jahre hinweg behielt das Institut seine besondere Forschungsphilosophie bei: einerseits das Bestreben, das Werkstoffverhalten ausgehend von einer naturwissenschaftlichen Basis zu verstehen, andererseits das Bestreben, verschiedenste Charakterisierungsmethoden – insbesondere für atomare Strukturen und die Mikrostruktur – auf hohem Niveau und komplementär einzusetzen. Dieses Forschungsprofil führt dazu, dass das Institut innerhalb der Fakultät Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie ein Bindeglied zwischen der Werkstoffentwicklung und der Werkstofftechnologie darstellt, aber ebenfalls eines zu den Naturwissenschaften wie Physik, Chemie und auch zur Mineralogie/Kristallografie.

Diese Philosophie wird auch in der Studienrichtung Werkstoffwissenschaft innerhalb des in Deutschland einmaligen Studiengangs Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie verfolgt. Insgesamt wurden seit der Existenz dieses Studiengangs bzw. seiner Vorgängerstudiengänge, eingeführt 1941, über 1100 Diplom-Metalllogen bzw. Diplom-Ingenieure für Metallkunde bzw. Diplom-Ingenieure für Werkstoffwissenschaft ausgebildet. Gleichzeitig wurden über die Jahre hinweg über 150 promovierte Metallkundler bzw.



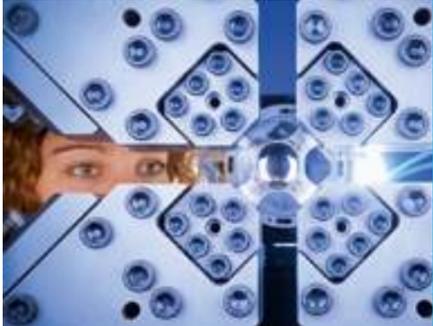
Der Großteil der aktuellen Belegschaft des Instituts für Werkstoffwissenschaft der TU Bergakademie Freiberg auf der Treppe vor dem „Haus Metallkunde“. Vorn: Dipl.-Ing. M. Rudolph, Prof. A. Leineweber, Prof. D. Rafaja, Dr. D. Heger, Dipl.-Ing. C. Ullrich, Dipl.-Ing. R. Adam; mittlere Reihe: Dipl.-Ing. I. Saenko, B. Vulpius, B. Bleiber, Dr. S. Martin, Dr. M. Motylenko, Dr. V. Klemm, Dr. C. Schimpf; hinten: Dipl.-Ing. M. Wetzel, Prof. Dr. H. Oettel, Dr. M. Kriegel, Dipl.-Ing. A. Salomon, Dipl.-Ing. H. Becker, Dipl.-Ing. T. Zienert, Dr. C. Wüstefeld, U. Schönherr, Dr. M. Gwozdziak, Dipl.-Ing. U. Gubsch

Werkstoffwissenschaftler „generiert“. Sie alle gingen und gehen mit vielfältigsten Tätigkeitsfeldern in die Industrie und die gewerblicher Wirtschaft, in Fach- und Hochschulen, in Forschungsinstitutionen sowie in Behörden.

Das Jubiläum wurde in der Alten Mensa der TU mit einem Festkolloquium begangen. Prof. D. Rafaja, der Direktor des Instituts, konnte den Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. K.-D. Barbknecht, Prof. G. Wolf (stellv. Dekan der Fakultät), Dr. A. Böttcher als Vertreter des Oberbürgermeisters der Stadt und Dr. P. P. Schapp als Vertreter der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde als Gratulanten begrüßen. Prof. D. Rafaja und Prof. i. R. H. Oettel eröffneten mit einem Beitrag zur bewegten Historie und zu dem heutigen Status des Instituts die Vorträge der Fachkollegen.

Zu ihnen zählten neben dem Ehrendoktor unserer Fakultät, Prof. G. Gottstein (RWTH Aachen), die Absolventen bzw. ehemaligen Doktoranden des Instituts Prof. F. Mücklich (Universität Saarbrücken), Prof. Marc Seefeldt (KU Leuven, BE), Prof. W. Pantleon (DTU Kopenhagen, DK), Prof. H. J. Seifert (KIT, 2006/10 Professor für Angewandte Werkstoffwissenschaft an der TU Bergakademie Freiberg), Prof. Jens Freudenberger (IFW Dresden, seit 2015 Honorarprofessor am Institut für Werkstoffwissenschaft), und Dr. Sabine Will (ThyssenKrupp Steel Europe AG, Duisburg). Prof. D. Rafaja und Prof. A. Leineweber vom Freiburger Institut für Werkstoffwissenschaft schlossen das Programm ab.

Am Abend des 6. Oktober fand ein durchaus heiteres Treffen aller Kolloquiumsteilnehmer statt.



In Freiberg Werkstoffingenieur werden:

**DIPLOMSTUDIENGANG
WERKSTOFFWISSENSCHAFT
& WERKSTOFFTECHNOLOGIE**

Regelstudienzeit: 10 Semester
Abschluss: Diplomingenieur

Mögliche Vertiefungen:
Werkstoffwissenschaft, Werkstofftechnik,
Nichteisenmetallurgie, Stahltechnologie,
Gießertechnik, Umformtechnik



Regierungsbaumeister Dr.-Ing. habil. Alfred Scheidig

Ein Leben für die Baugrundforschung Klaus Scheidig

Alfred Scheidig wurde am 22.12.1900 als Sohn eines Kaufmanns in Naumburg/Saale geboren. 1919 legte er das Abitur am dortigen Gymnasium ab und studierte ab Sommersemester 1919 an der Universität in Halle Mathematik, Physik und Geologie, beendete aber nach nur einem Semester dieses Studium und absolvierte ein Praktikum in einem Maschinen- und Stahlbaubetrieb. Ab dem Sommersemester 1920 studierte er Bauingenieurwesen an der TH Dresden und schloss dieses Studium am 24. Juli 1924 mit der Diplomhauptprüfung (Prädikat „sehr gut“) ab. Während des Studiums absolvierte er mehrere Praktika: 1921 bei der Dyckerhoff und Widmann AG in Leipzig (Straußpfahlgründungen, Eisenbetonbauten), 1923 beim Preußischen Wasserbauamt Emden (Kaimauerbauten, Seedeichbau).

Nach der Diplomprüfung wurde er durch das Sächsische Finanzministerium zur Ausbildung für den höheren technischen Staatsdienst im Straßen- und Wasserbaufach zugelassen. Den ersten Teil dieser Ausbildung erhielt er an der Bergakademie Freiberg. Er hatte sich auf die eigens ausgeschriebene Stelle für einen „Dipl.-Ing. in Anfangsstellung“ bei Prof. Franz Kögler beworben und erhielt die Zusage unter 25 Bewerbern.

Mit Dienstantritt am 1. Oktober 1924 war er zunächst technischer Hilfsarbeiter am Lehrstuhl für Technische Mechanik und Baukunde am Institut für Materialprüfung der Bergakademie Freiberg [1]. Dieser Status bot ihm auch die Gelegenheit zur Ausarbeitung seiner Dissertation über Baugrundfragen – im Anschluss an umfangreiche wissenschaftliche Versuche über die Druckverteilung in Schüttungen. Die Dr.-Ing.-Prüfung bestand er 1926 an der Bergakademie „Mit Auszeichnung“.

Den zweiten und dritten Abschnitt seines Ausbildungsdienstes absolvierte er als Regierungsbauführer beim Staatlichen Talsperrenamt in Crimmitschau und Langenhessen/Pl. beim Bau der Koberbachtalsperre (Erddamm). In einer ihm dafür gewährten Freistellungsphase fertigte er die häusliche Probearbeit für die zweite Staatsprüfung an, die aus technisch-wirtschaftlichen und ästhetisch ansprechenden Vergleichsentwürfen einer Flussbrücke in Eisen, Stein und Eisenbeton bestand und mit „sehr gut“ bewertet wurde.

Nach seinem letzten Ausbildungsabschnitt im Sächsischen Finanzministerium bei der Wasserbaudirektion in Dresden war er Tarifangestellter in der Aufbauabteilung für Unwettergebiete. Am 23. Juli 1928 bestand er die zweite Staatsprüfung und wurde am 31. Juli 1928 vom Sächsischen Finanzministerium zum „Regierungsbaumeister“ ernannt. Mit der Ablegung der Regierungsbaumeister-Prüfung war der Weg frei für eine Tätigkeit im sächsischen Staatsdienst. Die Weltwirtschaftskrise und die durch sie bedingte Einschränkung der Bautätigkeit setzten den weiteren Aufstiegsmöglichkeiten Alfred Scheidigs aber enge Grenzen. So war für ihn eine Rückkehr ins Hochschulwesen erstrebenswert – mit dem Ziel einer vertieften wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Erdstoff Löß. Beim Bau der Koberbachtalsperre hatte er sich intensiv mit dem Löß als Dichtungsmittel für den Erddamm beschäftigt, aber für das Bauen im Löß waren weder das Territorium Sachsens noch das von ganz Deutschland geeignet. Es gab zwar in Sachsen durchaus Vorkommen von Löß (Meißen, Lommatzsch, Mügeln), aber deren Verteilung und Mächtigkeit waren zu gering. So richtete sich sein Blick nach Russland. In seinem Buch [2] schreibt er: In Südrussland befindet sich das größte und geschlossenste Lößgebiet Europas. Es gab umfangreiche Baupläne, und man suchte nach internationalen Erfahrungen. Über seine Erwartungen zur Tätigkeit in Russland äußert sich Scheidig in seinem Tagebuch:

„Die Verhandlungen mit Rußland sind nun doch noch zum Abschluß gebracht worden. Was wird mich drüben in Moskau erwarten? Ob ich „Heimweh“ kriege? Vorläufig habe ich ein seltenes „Fernweh“; das gibt es. Und das treibt mich fort. Ich gehe mit umso größerer Erwartung, da es gerade Rußland ist, in dem sich jetzt das größte und interessanteste Experiment der Weltgeschichte abspielt. Dieses Tagebuch lasse ich in Deutschland. Es mag offen bleiben. Vielleicht findet es anderswo seine Fortsetzung. Möglich, daß Rußland nur eine Episode wird in meinem Leben; wahrscheinlich ist, daß es tiefer eingreifen wird. Ich möchte die kommunistische Seins- und Lebensweise kennenlernen in ihrem Heimatland, nicht als oberflächlicher Zuschauer, sondern sie

wesentlich ergreifen in ihren Tiefen, mich von ihr ergreifen und mitreißen lassen. Kurz, ich möchte sie positiv erleben, damit sie mir etwas schenke. Ob sich das erfüllt? Ob sich auch beruflich meine Erwartungen erfüllen? Wer kann das wissen? Ob der Weg nach dem Osten für mich einen Holzweg oder einen Umweg oder die Luftlinie bedeutet? Von den Holzwegen hat man manchmal die schönsten Aussichten, und mancher Umweg reut einen nicht. Instinktiv schreiten wir vorwärts: es sei nun in einen Abgrund oder auf den Gipfel, sei es die Fremde oder in die neue Heimat, sei es in den Tod oder in ein neues Leben!“ [4]

Vom August 1929 bis zum 12. Dezember 1930 war A. Scheidig als Berater für Ingenieurgeologie, Baugrundforschung und Gründungen beim Obersten Volkswirtschaftsrat der Sowjetunion in Moskau tätig, zunächst sechs Monate im „Zentralen Konsultationsbüro des Baukonzerns der UdSSR“ und weitere elf Monate im „Staatlichen Bauamt für die Ausführung von Gründungen“.

Leider gibt es von ihm im Tagebuch keinen Rückblick auf die Zeit in Russland. Generell war es eine für ihn erfolgreiche Wirkungsphase – eine Zeit der direkten Begegnung mit dem Löß. Das Buch über den Löß und damit die Habilitation hätten ohne diese direkte Begegnung mit dem Löß nicht geschrieben werden können.

Das bekannteste Bauwerk, das zu dieser Zeit in Russland vorbereitet wurde, ist der Wolga-Don-Kanal. Die dafür gewählte Kanaltrasse ist ca. 100 km lang – 75 km verlaufen im diluvialen „lößartigen“ Lehm. Die weitere Arbeit am Wolga-Don-Kanal war aber von der Sowjetregierung im Jahr 1930 vorläufig zurückgestellt worden; die umfangreichen Voruntersuchungen wurden unterbrochen.

Im ersten Halbjahr 1931 war Scheidig auf Einladung als Forschungsassistent von Prof. Karl von Terzaghi an der TH Wien tätig, u. a. zur Einarbeitung in Normversuche mit Ton, für spezielle wissenschaftliche Forschungsarbeiten, darunter auch Fragestellungen zur Charakterisierung von Rutschungen und Löß.

Vom 1. September 1931 ab war Scheidig wieder in Freiberg bei Prof. Kögler am Institut für Baukunde, Technische Mechanik und Materialprüfung inklusive Erdbaulaboratorium angestellt. Hier oblagen

ihm insbesondere die Einführung und der Ausbau des Erdbaulaboratoriums und die Durchführung zahlreicher wissenschaftlicher Versuche zur praktischen Baugrundforschung und Ingenieurgeologie. Im Mai 1934 erschien seine umfangreiche Arbeit über den „Löß und seine geotechnischen Eigenschaften“ in Buchform, die als Habilitationsschrift anerkannt wurde. Nach seiner Habilitation wurde Scheidig 1937 vom Reichswissenschaftsminister die Lehrberechtigung (Dozentur) für Baugrundlehre und Ingenieurgeologie an der Bergakademie Freiberg verliehen.

Seit 1934 lag der Schwerpunkt seiner Arbeit im Institut auf der beratenden Tätigkeit für die Bauwirtschaft, insbesondere bei Baugrunduntersuchungen für die Reichsautobahnen, Reichsstraßen, Vierjahresplanbauten und für die Bauten des Heeres und der Luftwaffe auf Veranlassung von Behörden und Baufirmen. In den Jahren 1936–1938 haben Prof. Kögler und Doz. Scheidig 15 Baugrundlehrgänge über „Neuzeitliche Baugrundlehre“ in fast allen Großstädten Deutschlands abgehalten. So brachten sie über 1000 Baubeamten und Bauingenieuren aus der Praxis die wesentlichen Erkenntnisse der neuesten Baugrundwissenschaft näher. Die entsprechenden Vorträge erschienen 1938 in der gemeinsamen Buchveröffentlichung „Baugrund und Bauwerk“. Die große Nachfrage nach dem Buch führte zu mehreren Neuauflagen. Bedingt durch den Tod von Prof. Kögler, wurden die weiteren Auflagen 2 bis 5 als durchgesehene und verbesserte Auflagen von Alfred Scheidig herausgegeben. Die Erweiterung um die Kapitel Erdbau, Erddruck und Rutschungen wurde auf die Zeit nach dem Krieg verschoben.

In der 2. und 3. Auflage wird besonders Dr. Hans Leussink für die Mithilfe gedankt. Leussink hatte ein Erdbaulaboratorium nach Freiburger Vorbild an der TH München aufgebaut und war dort als Laborleiter tätig. Durch die seit Herbst 1941 verbindliche DIN 1054 „Richtlinie für die zulässige Belastung des Baugrundes und der Pfahlgründungen“ wurden einige Überarbeitungen erforderlich: Neugestaltet wurden die Kapitel 16 „Bodenfrost“ und 17 „Rechtsfragen“. Erstmals wurde auch eine Einführung zu dem neuen Polstergründungsverfahren gegeben. Infolge einer sehr schweren Erkrankung Scheidigs konnte die Ausgabe der 5. Auflage nur zum Teil von ihm bearbeitet werden. Dem Wunsch des Verlegers, für die Beseitigung der Kriegsschäden und den Wiederaufbau

dieses bewährte Buch zur Verfügung zu haben, wurde durch eine Neuauflage entsprochen, die mit der Unterstützung von Dipl.-Ing. Bley zustande kam.

Nach dem Ableben von Franz Kögler im Januar 1939 wurde das Institut an der Bergakademie aufgelöst. Einen Ruf an die TH Dresden zum verbeamteten außerordentlichen Professor für Bodenmechanik im März 1939 lehnte Alfred Scheidig ab, da ihm nicht die selbstständige Leitung des dortigen Erdbauinstituts angeboten wurde. Ab September 1939 ließ sich Scheidig als selbstständiger Beratender Ingenieur in Naumburg/Saale nieder und richtete dazu ein eigenes Erdbaulaboratorium ein, das vom Reichsarbeitsminister als Fachstelle für Baugründungen anerkannt wurde.

Die Wahl Naumburgs als Standort war durch die bessere Verkehrsanbindung dieser Stadt und nicht zuletzt als Heimatstadt Scheidigs begründet. Infolge des Verbots der Entfremdung von Wohnraum wurde das Erdbaulabor in der Souterrainwohnung des erworbenen Wohnhauses Marinering 1a eingerichtet und die Sammlung der geologischen Karten in den Dachräumen eines Nachbarhauses untergebracht. Aufgrund der damals intensiven Bautätigkeit war die Zahl der Mitarbeiter 1942 auf zehn angewachsen. Es gelang sogar, die U-K-Stellung für Dipl.-Ing. Alfred Bley zu erwirken. Dieser war einer der letzten Mitarbeiter aus der Bergakademie Freiberg, die noch von Kögler eingestellt worden waren.

Baugrunduntersuchungen für 78 neue Getreidespeicher in Rumänien gehörten zu den größeren Aufträgen und erstreckten sich über mehrere Jahre. [5] Die erdstoffphysikalischen Untersuchungen für die erste Bauwelle wurden noch in Freiberg, die für die zweite Bauwelle dann aber in Bukarest durchgeführt. Nach dem Vorliegen der ersten Versuchsergebnisse beschränkte man sich auf die Bestimmung der Rollgrenzen, der Fließgrenzen bei natürlichem Wassergehalt und der Steifzahl E für die Setzungsberechnung. A. Scheidig hat alle Baustellen besucht. Die Inaugenscheinnahme der Baustellen hielt er neben den erdstoffphysikalischen Versuchsergebnissen für die Festlegung der Gründungsausführung für wichtig.

1944 erschien seine Publikation „Die Polstergründung als neues Gründungsverfahren“ [Die Bautechnik, Jahrgang 1944, Heft 19/22]. Unter dem Fundament und hinter Stützmauern werden Stoffpolster aus nachgiebigen Stoffen (feuchtem Lehm,

aufgelockertem Boden o. a.) in unterschiedlicher Dicke mit dem Ziel einer gleichmäßigen Zusammendrückung des Bodens eingebracht.

Infolge von Alfred Scheidigs schwerer Erkrankung im Oktober 1944 war seine Mitarbeit daraufhin stark eingeschränkt. Von 1948 an wurde das Erdbaulaboratorium unter dem gemeinsamen Namen Scheidig/Bley geführt. Das Wiedererstarben der Bauwirtschaft ermöglichte dann die Zusammenführung der Mitarbeiterschaft in einer früheren Spielzeugfabrik in der Fischstraße und 1953 den Umzug in ein Gebäude an der Vogelwiese. 1953 wurde das Labor zum Betrieb „VEB Baugrund Berlin, Zweigstelle Naumburg“ verstaatlicht. Als weitere wissenschaftliche Mitarbeiter kamen Dipl.-Ing. Paschke, Dipl.-Ing. Winer und die Bauingenieure Kranert, Mielisch und Rehfeld hinzu.

Die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen der Bergakademie Freiberg und dem Erdbaulaboratorium Naumburg fand nach dem Krieg ihre Fortsetzung. Als kreativer Partner auf der Seite der Bergakademie ist vor allem Prof. Hans Matschak zu nennen, der 1933 bei Prof. Karl Kegel promoviert hatte. Sein besonderes Verdienst ist es, die Wechselwirkung von Bodenmechanik und Tagebautechnik erkannt zu haben [vgl. 3]. Als Aktivposten zu nennen ist auch Karl Hübler, der als angestellter bzw. privater Mechanikermeister den Gerätebau für Prof. Kögler betrieb und später auch in Naumburg eine Anstellung fand.

Der Regierungsbaumeister Dr.-Ing. habil. Alfred Scheidig starb am 4. Mai 1969 nach kurzer Krankheit und 25-jährigem gesundheitlichen Leiden in seinem Haus in Naumburg/Saale, dem primären Ort seines eigenen Laboratoriums.

Literaturverzeichnis

- 1 Alfred Scheidig, „Aus meinen Tagebüchern und aus Briefen – Zum Dr.-Ing. an der Bergakademie Freiberg 1924–1926“, herausgegeben von Klaus Scheidig, Febr. 2009 im Eigenverlag.
- 2 Alfred Scheidig, „Der Löß und seine geotechnischen Eigenschaften“, Verlag Theodor Steinkopf Dresden und Leipzig, 1934
- 3 Die Geotechnik in Freiberg, Verlag TU Bergakademie Freiberg, 2015.
- 4 Alfred Scheidig, „Aus meinen Tagebüchern und aus Briefen – Zum Regierungsbaumeister am Sächsischen Finanzministerium in Dresden 1926–1928“, herausgegeben von Klaus Scheidig, Mai 2009 im Eigenverlag.
- 5 Alfred Scheidig, „Die Baugrunduntersuchungen für 78 neue Getreidespeicher in Rumänien“, Die Bautechnik, Jahrgang 1949, Heft 22/23, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Wichtige Akte zur Gründungsgeschichte der Bergakademie zurück erhalten

Am 21. Januar 2016 erhielt die TU Bergakademie Freiberg im Rahmen der Feierlichkeiten zu ihrem 250-jährigen Gründungsjubiläum eine lange verschollen geglaubte Akte zurück.

Mit einem Verlusthinweis versehen, waren drei von insgesamt vier Akten einer Aktenserie letztmalig im Jahr 1962 in den Bestandsverzeichnissen des früheren Hochschularchivs erwähnt worden. Insbesondere der erste Band der Reihe mit dem Titel „Acta, Die Lehr-Stelle bey dem metallurgisch-chymischen Colleg auf der Churfürstlichen Berg-Academie zu Freyberg betr[effend]“ galt als besonders wichtig für die Erforschung der Geschichte der Etablierung des Lehrfachs für metallurgische Chemie an der Bergakademie und die Rolle ihres ersten Lehrers, Christlieb Ehregott Gellert, sowie dessen Nachfolgers, Wilhelm August Lampadius. Ihren Verlust hatten die Archivmitarbeiter schon wiederholt bedauert. Diese Akte, soviel war auf Grund des überlieferten Aktenitels vermutet worden, sollte den maßgeblichen Schriftverkehr zwischen den Vertretern des kursächsischen Oberbergamts – als den direkten Vorstehern der Bergakademie – und dem damaligen Landesherrn, Kurfürst Friedrich August, zum weiteren Ausbau des Lehrfachs für metallurgische Chemie und die Anpassung der Lehre an die neuen Erkenntnisse der chemischen Wissenschaften enthalten und damit die im Hauptstaatsarchiv Dresden vorhandene Parallelüberlieferung ergänzen. Die zurück erhaltene Akte bestätigte die Vermutung exakt.

Außer dem erwähnten grundlegenden Schriftverkehr zwischen Landesherrn und Oberbergamt enthält die Akte mehrere Schreiben und Gutachten Abraham Gottlob Werners zur notwendigen weiteren Entwicklung des Lehrgebiets. Daneben werden die außerordentlichen Verdienste Christlieb Ehregott Gellerts als Begründer der Metallurgischen Chemie an der Bergakademie hervorgehoben – genauso, wie die besondere Eignung Wilhelm August Lampadius' als Werners Wunschnachfolger für Gellert. Zur Notwendigkeit des Baus eines Chemisch-metallurgischen Laboratoriums im Hof der Bergakademie und zu dessen Ausstattung finden sich detaillierte Planungen. Lampadius selbst berichtet darüber an das Oberbergamt: „Gehorsamste Anzeige in Betreff des hohen Anbefohlnißes wegen Erbauung eines chemischen Laboratorii. Da die ausübende Chemie eine Wissenschaft ist, welche, wenn sie mit Nutzen soll betrieben werden, eine Menge Arbeiten erfordert, so ist das erste und dringendste Bedürfniß für einen Chemiker, ein gut eingerichteter, mit allen nöthigen Hilfsmitteln versehener Arbeitsort.“

Die noch ausstehende Auswertung der Unterlagen lässt noch viele weitere interessante und neue Informationen zur Entwicklung des nun von Lampadius vertretenen Lehrgebiets, insbesondere dessen Orientierung an den neuen theoretischen Erkenntnissen, beispielsweise eines Antoine Laurent de Lavoisier, erwarten.

Mit dem plötzlichen „Auftauchen“ dieser Akte hatte sicherlich niemand mehr ernsthaft gerechnet. Dass ein solches „kleines Wunder“ nun doch geschehen konnte, ist zum einen Herr Dr. Heinrich Douffet, der im für uns anonymen Auftrag die Akte, die zweifelsfrei in den Bestand der Bergakademie gehört, richtigerweise dem damaligen Kanzler der Bergakademie, Dr. Andreas Handschuh übergab, und zum anderen dem nicht namentlich genannt werden wollenden Spender zu verdanken.

Zwischenzeitlich konnte diese Akte durch eine darauf spezialisierte Firma restauriert werden, so dass einer wissenschaftlichen

Auswertung ihres Inhalts nun nichts mehr im Wege steht. Es ist zu wünschen, dass danach neue Erkenntnisse zur Entwicklung der metallurgischen Chemie bzw. der chemischen Wissenschaften an der Bergakademie ausgangs des 18. Jahrhunderts gewonnen werden.

■ Herbert E. Kaden



Reskript Kurfürst Friedrich Augusts vom 28. Juli 1794 an das Kursächsische Oberbergamt zur Bestallung von Wilhelm August Lampadius zum außerordentlichen Professor der Metallurgischen Chemie an der Bergakademie (Auszüge)

UAF, Akte Nr. 9310, Bl. 1 (Herrn: OBA 540), Bl. 18, 2016

Franz Hermann Böhme¹

Herbert E. Kaden



Vor nunmehr genau 150 Jahren, am 25. Dezember 1866, wurde Franz Hermann Böhme als Sohn des Rechtsanwalts Gustav Hermann Böhme in Dresden geboren, wo sein Vater im (damaligen) Gebäude Johannisplatz 13² eine eigene Kanzlei führte. Nach Absolvierung des „Gymnasiums zum Heiligen Kreuz“, das er von April 1877 (Quinta) bis zur Reifeprüfung Ostern 1885 besuchte,³ studierte der junge Hermann Böhme vom 24. April 1885 bis zum 15. März 1890 die Rechte an der Universität Leipzig. Zu dem von ihm dort wahrgenommenen Fächerkanon gehörten u.a. Vorlesungen zur Enzyklopädie des Rechts bei Karl Binding, solche zum Römischen Recht und zu den Pandekten bei Bernhard Windscheid sowie zur Deutschen Staats- und Rechtsgeschichte, dem Reichs- und Landesstaatsrecht und dem Kirchenrecht bei Emil Friedberg. Der Student der Rechte hörte auch bei Otto Stobbe und Otto Müller deutsche bzw. sächsische Privatrechtsvorlesungen, bei Adolf Wach Strafrecht und Zivilprozessrecht und bei Oskar Bülow Strafprozessrecht sowie Konkursrecht. Darüber hinaus besuchte Böhme rechtsphilosophische Vorlesungen bei Karl Fricker sowie solche zur Theoreti-

- 1 Erweiterte Fassung des Artikels im Catalogus Professorum Fribergensis (Verlag TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2015).
- 2 Der Platz wurde später umbenannt in Johann-Georgen-Allee (heute Lingnerallee) integriert; die Gebäude dieser Allee wurden im II. WK nahezu komplett zerstört.
- 3 Für diese Information danke ich dem Stadtarchiv Dresden.

schon und Praktischen Nationalökonomik bei Wilhelm Roscher und zur deutschen Kolonialpolitik bei Ernst Hasse. Fast allen Lehrern Böhmies eilte ein hervorragender Ruf voraus.

Nach Militärdienst und Promotion – Böhme wurde 1893 mit der Arbeit „Die Bestimmungen des Bürgerlichen Gesetzbuches für das Königreich Sachsen über Beschädigung durch Tiere §§ 1560–1564“ zum Dr. jur. promoviert – sowie Absolvierung des obligatorischen Vorbereitungsdienstes auf das Richteramt begann Böhme seine berufliche Laufbahn im November 1895 als Hilfsrichter am Amtsgericht Freiberg. Nach einem dreivierteljährigen Wohnaufenthalt im damals noch eigenständigen Friedeburg nahm der Gerichtsassessor im September 1896 seinen Wohnsitz in der Berthelsdorfer Straße 14 in Freiberg. Hier brachte seine Frau Magdalene Ottilia Gertrud, geborene Eißner, am 29. November 1896 den ersten Sohn, Ernst Georg Hermann, zur Welt. Von 1897 bis 1899 finden wir den Juristen dann im Haus Nr. 379 der Ortsliste (später Silbermannstraße 5), einem im Jahr 1877 errichteten repräsentativen Gebäude, dessen Eigentümer der damalige Oberbergdirektor Krug aus Lugau/Erzgebirge war. Ab 1899 wirkte Böhme ein Jahr als Amtsrichter am Königlich-Sächsischen Amtsgericht Lauenstein. In dieser Zeit wurde in Bärenstein, wo die Familie seit April 1899 wohnte, am 23. September 1899 seine Tochter Agnes Katharina Gertrud geboren.

Nur ein Jahr darauf sollte eine wesentliche Veränderung im beruflichen Leben Böhmies eintreten. Zum 1. April 1900 bestellte ihn der sächsische König als Nachfolger des ins Finanzministerium nach Dresden abberufenen Bergamtsrats Just zum juristischen Rat beim Bergamt Freiberg. Zugleich erhielt er die Berufung zum ordentlichen Professor für Bergrecht und Allgemeine Rechtskunde an der Bergakademie. Die aus Bärenstein zurückgekehrte Familie wohnte nun „standesgemäß“ im Gebäude Weisbachstraße 3, einer im Jahre 1882 mit spätklassizistischer Fassadengestaltung erbauten Villa des Berliner Fabrikanten Ernest Edward Schramm (Abb.).

Bereits zweieinhalb Jahre später – zum 1. Nov. 1902 – folgte Böhme als „juristischer Hilfsarbeiter“ mit dem Titel eines Finanzrats seinem Vorgänger in das Finanzministerium nach Dresden, wo er in die repräsentative Gründerzeitvilla Schuberstraße 31 zog. Innerhalb der Behörde stieg Böhme zunächst zum Oberfinanzrat



Weisbachstraße Nr. 310⁰ (Brandversicherungskataster-Nr., heute Weisbachstraße 3), Bauzeichnung 1883, Ausschnitt der Bauzeichnung

(1905) und schließlich zum Geheimen Finanzrat und vortragenden Rat (1908) auf. Ab 1909 fungierte er als Hauptreferent für direkte Steuern. Im gleichen Jahr erschien bei Roßberg in Leipzig die von ihm herausgegebene Schrift „... Königlich sächsische Stempelsteuergesetz vom 12. Januar 1909 nebst den dazu gehörigen Ausführungsbestimmungen“, eine Handausgabe mit umfangreichen Erläuterungen zu dieser besonderen Abgabenform. Kurz nach Beendigung des Ersten Weltkrieges und nachdem man Böhme den Titel eines Geheimen Rats zuerkannt hatte, wurde er im Mai 1919 zum Ministerialdirektor und zugleich zum Leiter der neugegründeten 4. Abteilung des Finanzministeriums ernannt. Ab dem gleichen Jahr fungierte Böhme als Präsident des Landesfinanzamts Dresden, einer Behörde, die der im gleichen Jahr errichteten Reichsfinanzbehörde zugeordnet war. Dieser blieb er bis zu seiner Pensionierung im Jahr 1932 verpflichtet. Am 1. Oktober 1937 verstarb B. im 71. Lebensjahr in Dresden. Er gehörte kurzzeitig dem Bergmännischen Verein in Freiberg als Mitglied an.

Quellen:

- Schiffner, C.: Aus dem Leben alter Freiburger Bergstudenten, Bd. 3, Freiberg 1940, S.193; Schönherr, Hansjoachim: Die Entwicklung ..., in: FFH, D22 (1957), S. 30; JB für das Berg- und Hüttenwesen in Sachsen, Jg. 1900-1903 Schönherr (FFH D22 1957), S. 30;
- Universitätsarchiv Leipzig, Quästur 03/007551; UAL, Rep. 01_16_07_C_050, Bd. 1-0412, Nr. 757.
- Universitätsarchiv Leipzig, Rep. 01_16_07_C_050_Bd. 1-0413, lfd. Nr. 757.
- StA FG, Einwohnermeldebuch B2, Bl. 329.
- Adressbuch FG, 1897, S. 99.
- Adressbuch FG, 1899, S. 100.
- Stadtverwaltung Freiberg, Bauaktenarchiv, Akte Nr. 1586, Bauakte des Stadtrathes zu Freiberg, Haus Nr. 310⁰ des Brandversicherungskatasters.

Modellgeschichten

Teil 3: Das Modell des D-Schachtes Niederwürschnitz

Frieder Jentsch

Was von alten großformatigen Dingen bleibt, ist oft nichts, allenfalls ein Bild davon oder eine Beschreibung, selten ein Modell. Als bei Niederwürschnitz im Lugau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier nahe dem sächsischen Stollberg 1844 der Kohlebergbau begann, entstanden Bergbaugesellschaften, so auch der 1856 gegründete Niederwürschnitzer Steinkohlenbergbauverein. Seine Gruben, die beiden letzten davon im Volksmund auch „Christel-Schächte“ genannt, erhielten einfach die Bezeichnungen A bis D. Der letztgenannte, der 1856 geteufte D-Schacht, wurde für würdig genug erachtet, ihn – einschließlich seiner Untertagesituation – als Originalvorbild für ein Modell zu nehmen. Das, was von ihm neben wenigen Fotografien erhalten ist, lässt erahnen, was er einst darstellte.

Als mit der Industrialisierung in Sachsen der Bedarf an Energierohstoffen stieg, wuchs der Gewinnung von Steinkohle eine Schlüsselstellung zu. Auch die Freiburger Bergakademie stellte sich, vordem hauptsächlich auf den Erzbergbau ausgerichtet, auf die neue Situation ein und lenkte ihren Blick auf den Steinkohlenbergbau – nicht zuletzt auch deshalb, um geeignetes Lehrmaterial für die Sammlungen, insbesondere für die bereits renommierte bergbaukundliche Modellsammlung zur Verfügung zu bekommen. Die Modellwerkstatt der Bergakademie hatte dazu ständig ihren Beitrag zu leisten, aber auch auswärts gefertigte Modelle nahm man gern auf – vorausgesetzt, sie waren akkurat und dem Prinzip der Anschaulichkeit verpflichtet gefertigt.

Der Gründer der Niederwürschnitzer Eisengießerei und Maschinenfabrik, Friedrich Schmiedel, die vorwiegend Fördermaschinen wie Haspel, Förderbandanlagen und Ersatzteile herstellte,¹ baute – vermutlich im Auftrag des Niederwürschnitzer Steinkohlenbergbauvereins – ein Modell der Grube Schacht D. Der finanzkräftige Unternehmer E. G. Wäntig in Leipzig, selbst Mitglied des Direktoriums des Niederwürschnitzer Steinkohlenbergbauvereins, bot 1869 das genannte Modell als Geschenk für die Sammlungen der Bergakademie an und

trug alle damit verbundenen Übergabekosten. Friedrich Schmiedel selbst übernahm die Umsetzung und den (Wieder-)Aufbau des Modells. Unter Bezugnahme auf eine von der Direktion der Bergakademie dem Bergamt gegebenen Erklärung hatte das Finanzministerium die „schenkungswise Übereignung dieses Modells mit Dank angenommen und dessen Aufstellung und Aufbewahrung bei der Bergakademie beschlossen.“² Der Vertreter der Bergbaukunde an der Freiburger Bergakademie, Bergrat Moritz Ferdinand Gätzschnmann, und auch Akademienspektor Alfred Stelzner empfahlen der Bergakademiedirektion: „Das umfangliche Modell ist sehr sauber gearbeitet und kann als brauchbar bezeichnet werden.“³ Zwei Wochen lang war Ferdinand Schmiedel mit der Aufstellung beschäftigt. Für seine Arbeit wurden ihm nach aufwändigem Antrag und Bestätigung durch das Sächsische Finanzministerium zehn Taler Gratifikation zugebilligt.⁴

Was das Modell in den folgenden einhundert Jahren erlebte, lässt sich im Detail nicht mehr nachvollziehen. 1986 wurden bei der Kulturgüterfassung in der Bergakademie ruinöse Reste des Modells der Übertagesituation von Treibe-, Maschinen- und Kesselhaus gefunden. Zum Untertagebereich war nichts mehr auffindbar und er nur noch als leider entsorgt zu verbuchen. Was aber noch erhalten war, wurde nach 1990 in der Kustodie von Restaurator Volker Schramm unter Mitwirkung von ABM-Kräften restauriert, wenn erforderlich, behutsam ergänzt und mit einem neuen, abschließenden Sockel versehen. So konnte das Modell, wenn auch nur in Teilen, wieder ausstellungsfähig werden.

Nun steht das wiederhergestellte Teilmodell des D-Schachtes von Niederwürschnitz als Leihgabe der TU Bergakademie im Bergbaumuseum Oelsnitz, gewissermaßen als Sendbote der Technischen Universität – nahe der Stelle, an der das Original einst produzierte. Bald wird es in die ständige Ausstellung eingeordnet sein. Wo sollte es auch besser stehen als genau dort?



Abb. 1: Das Modell des D-Schachtes von Niederwürschnitz in der Modellsammlung der Bergakademie Freiberg, um 1911



Abb. 2: Informationstafel des Fördervereins des Bergbaumuseums Oelsnitz e. V. am D-Schacht Niederwürschnitz



Abb. 3: Der im Bergbaumuseum Oelsnitz gezeigte „Rest“ des D-Schacht-Modells, bereit zur Einordnung in die ständige Ausstellung

1 Vgl. Vogel, Rolf: Das Lugau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier. Oelsnitz. o.J. S. 99.

2 UABAF OBA 10664, Vol. VI, Bl. 14.

3 SLHA Fin.-Min. 2235, Bl. 35b.

4 UABAF OBA 10664, Vol. VI, Bl. 24.

Otto Brunck Einem anerkannten Chemiker auf dem Gebiet der Kohle- und Metallanalyse zum 150. Geburtstag



Otto Brunck wurde am 4. Juli 1866 zu Kirchheimbelanden in der Rheinpfalz geboren. Er besuchte die Volksschule und die Lateinschule seiner Vaterstadt und das Gymnasium in Kaiserslautern bis zur Reife im Jahr 1884 und bezog danach die Technische Hochschule München, um zunächst Physik zu studieren – von 1886 bis 1889 studierte er dann dort Chemie.

Nach dem Abschluss seines Studiums arbeitete er an der Universität Erlangen im Laboratorium von Otto Fischer, wurde dort mit einer Dissertation zum Thema „Derivate des Diphenylparaphenylendiamins“ promoviert und war von 1890 bis 1892 Vorlesungs- und Privatassistent. Brunck ließ sich im Herbst 1892 an der Bergakademie Freiberg inskribieren, um bei Clemens Winkler – seinem späteren Schwiegervater – zu arbeiten und sich auf dem Gebiet der Anorganischen Chemie zu habilitieren. Diese Absicht gab er jedoch später wieder auf.

Am 1. Oktober 1896 wurde Otto Brunck als außerordentlicher Professor berufen. Er erhielt den Lehrauftrag für das Gebiet „qualitative und quantitative Analyse“ und übernahm die Leitung der Arbeiten im Laboratorium. Hinzu kamen dann noch die Vorlesungen und Übungen in Maß- und Gasanalyse und zwei Jahre

später ein Praktikum zur Untersuchung von Grubenwetter für Bergleute.

Nach dem Übertritt Winklers in den Ruhestand am 1. September 1902 wurde Brunck per 1. Oktober 1902 zu dessen Nachfolger berufen. Brunck widmete sich besonders der Analyse von Metallen. Im Zuge dieser Forschungen zeigte er u. a. die besondere Eignung von Diacetyldioxim als Reagenz zur quantitativen Bestimmung von Nickel und zu dessen Trennung von anderen Elementen. 1905 entwickelte er eine Methode zur Bestimmung des Schwefelgehalts der Kohle. Groß ist die Zahl seiner Veröffentlichungen auf den verschiedensten Gebieten der Chemie. Aus seinen vielen Publikationen ragt das Lehrbuch „Die chemische Untersuchung der Grubenwetter“ (3. Aufl. 1927) hervor. Von 1902 bis 1908 verfasste er jährlich ausführliche Referate „Fortschritte auf dem Gebiet der Metallanalyse“ für die Chemikerzeitung.

1912 wurde Brunck zum Oberbergrat, 1918 zum Geheimen Bergrat ernannt. 1919, 1930 und 1931 war er Rektor der Bergakademie Freiberg. Mit Erreichung der Altersgrenze trat er 1935 in den Ruhestand. Am 29. Januar 1946 verstarb Otto Brunck in Freiberg.

■ Gerd Grabow

Reinhold Freiherr von Walther Einem verdienstvollen deutschen Chemiker zum 150. Geburtstag



Reinhold Freiherr von Walther hat mit Erfolg in zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten mit technischem Einschlag unter anderem eine Form der organischen Elementaranalyse sowie spezielle Formaldehyd-basierte Desinfektionsverfahren entwickelt.

Reinhold Freiherr von Walther wurde am 20. Dezember 1866 in Sonneberg in Thüringen geboren und studierte Naturwissenschaften, speziell Chemie, in Leipzig, München und Erlangen. Als Assistent – seit 1892 bei E. von Meyer in Leipzig – promovierte er 1893 mit einer Arbeit aus der Organischen Chemie zu dem Thema „Über die Kondensation von aromatischen Säureresten mit Cyaniden, Inaugural ...“. Er wechselte 1894 an die TH Dresden.

Nach seiner Habilitation 1896 wurde von Walther 1898 zum außerordentlichen Professor ernannt; am 1. November 1918 erhielt er eine Berufung an die Bergakademie Freiberg auf die neu gegründete Professur für Organische Chemie und Chemie der Kohle und übernahm zugleich die Leitung der chemischen Abteilung des Braunkohlen-Forschungsinstituts. In den

Jahren 1931 bis 1933 war er Rektor der Bergakademie Freiberg. Eine große Anzahl von Studenten verdankt ihm ihre Ausbildung. Von Walther war seinen Schülern stets ein wahrer Kamerad von väterlicher Gesinnung.

Von ihm wurden zahlreiche Arbeiten veröffentlicht, auch solche mit technischem Einschlag, darunter eine Form der organischen Elementaranalyse und sein Formaldehyd-Desinfektionsverfahren. Auch weitere von ihm entwickelte technische Verfahren wurden von führenden Firmen übernommen. Ein mit Professor Graefe gemeinsam erarbeitetes Patent betraf das Cracken von Teeren und Ölen mit Drücken von über 20 bar.

Von Walther war Mitherausgeber, des Braunkohlenarchivs und auch für die Interessen der Bergakademie Freiberg publizistisch tätig.

Am 31. März 1935 trat von Walther nach Überschreitung der Altersgrenze in den Ruhestand, lebte einige Zeit noch in Freiberg und verzog dann nach Sonneberg in Thüringen, wo er am 25. November 1945 verstarb.

■ Gerd Grabow

Arno Hermann Müller

Einem der großen Wissenschaftler und Lehrer
an der Bergakademie Freiberg zum 100. Geburtstag

Jörg W. Schneider

Wie für viele Gebiete der Geowissenschaften wurden auch für die Paläontologie die Grundsteine für Lehre und Forschung an unserer altherwürdigen Bergakademie in Freiberg gelegt – ein noch heute, für die Moderne, stabil tragendes Fundament. Nach der weltweit ersten Vorlesung in „Versteinerungskunde“, im Jahr 1799 von Abraham Gottlob Werner gehalten, war es besonders Bernhard von Cotta, der als Professor für Geognosie und Versteinerungslehre mit modernen, dem Kenntnisstand seiner Zeit oft weit vorgehenden Ideen weit über Sachsen und Europa hinausreichenden Ruhm erlangte. Bereits Jahre vor Darwins (1859) „On the Origin of Species ...“ finden sich in seinen Vorlesungsskripten und Publikationen Konzepte zur Evolution der Organismen in Raum und Zeit, und 1848, also fast 20 Jahre vor Haeckel, publizierte er Gedanken zum biogenetischen Grundgesetz, das letzteren weltberühmt machte.

Ein nächster Höhepunkt in den Freiburger Geowissenschaften wurde durch das Schaffen von Arno Hermann Müller (1916–2004) markiert. Müller hatte nach dem Studium in Jena und Göttingen, unterbrochen durch den 2. Weltkrieg und Kriegsgefangenschaft, 1948 in Göttingen zum Thema „Stratonomische Untersuchungen im Oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens“ promoviert. Mit dieser Arbeit lieferte er erste Ansätze zu der sich in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts entwickelnden Mikrofaziesanalyse der marinen Karbonate, einem heute unerlässlichen Werkzeug der Sedimentologie in der Grundlagenforschung und für die Erdöl/Erdgas-Prospektion.

Als Assistent an der Universität Greifswald habilitierte er 1950 über „Grundlagen der Biostratonomie“. Er schuf damit wesentliche Grundlagen für diese damals im Entstehen begriffene Forschungsrichtung und zugleich eine bis heute lesenswerte Anleitung zur synthetischen geo- und biowissenschaftlichen Arbeit.

1952 folgte er dem Ruf auf die Professur für Paläontologie, Allgemeine und Historische Geologie an der Universität Jena. Nach Gastvorlesungen in Freiberg übernahm er 1958 die Professur für



Paläontologie und Mikropaläontologie an der Bergakademie.

Er verstand es, die paläobiologische Grundlagenforschung mit ihrer in der DDR möglichst herauszustellenden ökonomischen Relevanz für die Lagerstättenkunde zu verbinden – durch eine für Freiberg typische angewandte Forschung. In kurzer Zeit gelang es ihm, eine national und international renommierte Paläontologie-Schule aufzubauen.

Freiberg bot ihm zudem das stimulierende Umfeld, das er brauchte, um sein Projekt eines umfassenden Lehrbuchs der Paläozoologie zu realisieren. Die für die Gestaltung dieses Lehrbuchs aufgenommene weltweite wissenschaftliche Korrespondenz mit allen namhaften Paläontologen seiner Zeit trug erheblich zum internationalen Ruf der Bergakademie Freiberg bei. Sein schließlich siebenbändiges „Lehrbuch der Paläozoologie“, das klassische deutschsprachige Lehrwerk dieses Fachgebiets, seit 1958 in z. T. fünfter, jeweils erweiterter Auflage erschienen, ist in jeder geo- und biowissenschaftlichen Bibliothek zu finden. Es hat Generationen von Geowissenschaftlern zur Ausbildung gedient – als Handbuch und einzigartiges Kompendium des Kenntnisstandes in der Paläozoologie wie auch als vorzügliche Vorlage für den Aufbau von

Vorlesungen und zur Entwicklung von Forschungsprojekten.

Daneben wandte er sich mit über 200 Publikationen einem breiten Spektrum geologischer und paläontologischer Themen zu. Fasziniert haben ihn vor allem Phänomene in der Evolution der Organismen. Seit 1955 publizierte er über „Großabläufe der Stammesgeschichte“ bzw. zu seinen Theorien über „Ablaufformen der stammesgeschichtlichen Entwicklung“.

Mitte der Siebzigerjahre des vorigen Jahrhunderts veröffentlichte er eine neue phylogenetische Regel über die phasenhafte Verlagerung der Formenmaxima in der Evolution von Tiergruppen. Diese „Formenmaxima-Regel“ oder „MÜLLERsche Regel“ ist mit dem deutschen Begriff „Großablauf“ in die englischsprachige Terminologie der modernen stammesgeschichtlichen Forschung bzw. der Phylogenie eingegangen.

Sein in Freiberg entwickeltes Wissenschaftskonzept – die Synthese von disziplinärer paläobiologischer Grundlagenforschung und angewandter geowissenschaftlicher Forschung – ist zugleich der Leitgedanke der von ihm begründeten Paläontologie-Reihe der Freiburger Forschungshefte.

Arno Hermann Müller war Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina, der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, korrespondierendes Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften sowie Ehrenmitglied der Paläontologischen Gesellschaft.

Seine wissenschaftliche Leistung wurde mit dem Nationalpreis der DDR sowie mit dem Verdienstkreuz Erster Klasse des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland gewürdigt.

Im Herbst des Jahres 2003, wenige Monate vor seinem unerwarteten Tod, verlieh ihm die TU Bergakademie Freiberg die Würde eines Ehrensators. Sie ehrte damit nicht nur einen ihrer bedeutendsten Wissenschaftler, sondern einen zugleich faszinierenden Hochschullehrer, dem seine Studenten und Doktoranden über alles gingen, einen Mann mit vorzüglichem Lehrethos.

Wolfgang Küntscher

Zum 50. Todestag

Heinz-Joachim Spies und Walter Krüger

Am 21. Mai des Jahres 1966, kurz vor Vollendung seines 64. Lebensjahrs, verstarb Wolfgang Küntscher, Professor für Eisenhüttenkunde und Sonderstahlkunde an der Bergakademie Freiberg. Mit Professor Küntscher verlor die Metallurgie der DDR sehr früh einen ihrer bedeutendsten Vertreter. Als Leiter des Metallurgischen Laboratoriums – Stahl und Eisen – der Leunawerke, Technischer Direktor im VEB Stahl- und Walzwerk Hennigsdorf, Hochschullehrer an der Bergakademie Freiberg und Direktor des Eisen-Forschungsinstituts hat er – trotz vergleichsweise kurzer Wirkungszeit – wesentliche Beiträge zum Wiederaufbau und zur Entwicklung der Industrie der DDR, besonders der Eisenmetallurgie sowie der Eisenhüttenkunde an der Bergakademie geleistet [1].

Ausbildung und Praxis

Wolfgang Bruno Gustav Küntscher wurde am 27. Mai 1902 in Zwickau geboren. Nach einem sechsmonatigen Vorpraktikum im Hochofenwerk Lübeck nahm er im Herbstsemester 1921 an der Bergakademie Freiberg ein Studium der Eisenhüttenkunde auf (Matrikel-Nr. 6573). Mit hohem Einsatz gelang es ihm, sein Studium in sieben Semestern weitgehend abzuschließen. Für die Bearbeitung einer für das Studienjahr 1923/24 von der Bergakademie gestellten metallographischen Preisaufgabe erhielt er das Prädikat „vorzüglich“; die Arbeit wurde außerdem als Diplomarbeit anerkannt. Laut Prüfungsordnung der Bergakademie konnte er seine Hauptprüfung erst nach Beendigung des achten Semesters im Juni 1925 ablegen, weshalb er parallel dazu mit den Arbeiten an seiner Dissertation begann. Die mündliche Prüfung unter Vorsitz von Prof. Georg Brion und unter Mitwirkung der beiden Referenten Prof. Willy Heike und Prof. Eduard Maurer legte er am Sonnabend, dem 20. November 1926, ab.¹ Seine Gesamtleistung wurde mit dem Prädikat „mit Auszeichnung bestanden“ bewertet.

Von 1926 bis 1940 leitete Küntscher in der Materialprüfstelle der

¹ Küntscher arbeitete zu diesem Zeitpunkt schon in den Leuna-Werken. Er hatte aus diesem Grund ausdrücklich darum gebeten, die Prüfung an einem Sonnabendnachmittag durchzuführen.

Ammoniakwerke Merseburg GmbH das metallurgische Laboratorium mit den Bereichen Schmelzen und Glühen, Metallographie und Legierungsprüfung sowie Röntgenprüfung. In dieser Funktion hatte er wesentlichen Anteil an der erfolgreichen Lösung zahlreicher mit der Ammoniaksynthese und der großtechnischen Kohlehydrierung verbundener Werkstoffprobleme. Die Bewältigung dieser mit der Entwicklung der Hochdruckchemie verbundenen Fragestellungen erforderte neue bis dahin ungekannte Lösungswege. Die Dimension der Herausforderung wird durch einen Vergleich der Beanspruchungen deutlich. Die Verfahrensbedingungen der Hochdruck-Ammoniaksynthese (200 bar, 450 bis 500 °C, Wasserstoff und Ammoniak als aggressive Medien) lagen weit über den bei damaligen Dampfkraftanlagen der Energiewirtschaft üblichen Beanspruchungen (12 bar, 350 °C). Die Entwicklung der warmfesten druckwasserstoffbeständigen Hochdruckstähle erfolgte primär durch die Materialprüfstelle der Leunawerke unter der Markenbezeichnung N = Stähle der Stickstoffabteilung [2]. Der von Küntscher entwickelte Stahl N10 (21CrVMoW12) wurde aufgrund seiner ausgezeichneten Warmfestigkeit zu einer Art Universalstahl, der rasch im breiten Umfang in der Hochdrucktechnik Verwendung fand. Nach dem 2. Weltkrieg fand er auch im Ausland, besonders in den USA, große Beachtung und wurde mit Erfolg auch außerhalb der Chemie eingesetzt, so beispielsweise für Läufer von Abgasturbinen.

Am 1. August 1940 wurde Küntscher kriegsdienstverpflichtet. Er arbeitete zunächst im Edelstahlwerk Baildonhütte der „Vereinigte Oberschlesische Hüttenwerke AG“ in Katowice, später auch einige Wochen in Hüttenwerken in Nord-West-Italien. Ab Mitte September 1944 war er Direktor und Chefmetallurge der Reichswerke „Hermann Göring“ in Linz und Donawitz in Österreich. Besondere Erwähnung verdienen die von ihm gemeinsam mit O. Kukla und H. Sajosch in der Baildonhütte durchgeführten Versuche zur Wärmebehandlung aus der Walz- und Schmiedehitze. Die entwickelten Verfahrensweisen zur Kombination von Warmumformung und Wärmebehandlung sind ein Vorgriff



auf die erst in der Mitte der 1950er-Jahre einsetzenden Arbeiten zur Hochtemperatur-Thermomechanischen-Behandlung. Heute gehört diese Technologie zum Stand der Technik und wird im breiten Umfang industriell genutzt. Ein von Küntscher als Stufenvergütung in der Zwischenstufe entwickeltes Verfahren wurde später als Zwischenstufenvergütung bzw. Bainitieren bekannt.

Nach dem Krieg leistete Küntscher ab November 1946 als Leiter des metallurgischen Laboratoriums Stahl und Eisen der SAG Leuna Werke einen wirksamen Beitrag zur Wiederinbetriebnahme des stark zerstörten Werkes. Von Februar 1949 bis August 1953 war Küntscher Technischer Direktor des Stahl- und Walzwerks Hennigsdorf. In dieser Funktion trug er mit einem hohen persönlichen Einsatz zum Wiederaufbau und Ausbau des Werkes bei. Am 7. Oktober 1952 wurden seine Leistungen mit dem Nationalpreis gewürdigt.

Ordentlicher Professor an der Bergakademie

Im Sommer 1953 wurde W. Küntscher zum Nachfolger von Prof. Ernst Diepschlag, dem Inhaber des Lehrstuhls für Eisenhüttenkunde und Direktor des Eisenhütteninstituts an die Bergakademie Freiberg, berufen. Dies geschah in einer Zeit, in der in der damaligen DDR einerseits ein hoher Stahlbedarf zur Versorgung der metallverarbeitenden Industrie vorhanden war und andererseits Stahl- und Walzwerke, die sich im Wiederaufbau nach dem zweiten Weltkrieg befanden, erhebliche Probleme im Produktionsablauf und in der Qualitätsentwicklung hatten. Küntscher zog für die Lehre und Forschung am

Eisenhütten-Institut notwendige Schlussfolgerungen. Sie beinhalteten sowohl die Schaffung der Voraussetzungen für eine drastische Erhöhung der Anzahl akademisch ausgebildeter Eisenhüttenleute² als auch die Grundorientierung der Forschung auf die Herstellung und Entwicklung von Qualitäts- und Edelstählen. Bei seiner Amtsübernahme im August 1953 bestand das Personal des Instituts lediglich aus dem Institutsdirektor, einem wissenschaftlichen Oberassistenten, einer Sekretärin und technischen Mitarbeitern. Mit dieser Ausstattung war Küntscher nicht in der Lage, die extrem gewachsenen Ansprüche an Lehre und Forschung zu erfüllen.

Mit der ihm eigenen Einsatzbereitschaft, seiner Hartnäckigkeit und seinem Durchsetzungsvermögen gelang es ihm, gegen erhebliche Widerstände in kurzer Zeit ein leistungsfähiges Institut aufzubauen. Mit harter Hand und unermüdlicher Zielstrebigkeit setzte er kurzfristig auch eine bauliche Erweiterung des Instituts durch. Ein von ihm konzipierter Neubau, u.a. mit einem großen Hörsaal mit 150 Plätzen, modernen Laboratorien und Praktikumsräumen, wurde schon im Juni 1956 anlässlich der Feier des 50. Todestages von A. Ledebur seiner Bestimmung übergeben.³ Zum Institut

- 2 Im Jahr 1952 nahmen 46 Studenten ein Studium in der Fachrichtung Eisenhüttenkunde auf, 1953 wurde mit 76 Studenten der zahlenmäßig stärkste Jahrgang der Eisenhüttenleute immatrikuliert, 1954 waren es 67 Studenten.
- 3 Ausarbeitung einer technologischen Aufgabenstellung durch Küntscher bis 15. April 1954, Vorprojekt vom Industrie-Entwurf Dresden bis zum 30. Juni 1954, Auftragser-

gehörten zu diesem Zeitpunkt neben dem Institutsdirektor und dem wissenschaftlichen Oberassistenten sieben wissenschaftliche Assistenten sowie 24 technische Mitarbeiter. Küntscher hatte damit in einer außerordentlich kurzen Zeit die materielle und personelle Basis für eine erfolgreiche Entwicklung der Eisenhüttenkunde in den kommenden Jahrzehnten geschaffen. Seiner Initiative ist es auch zuzuschreiben, dass auf dem Gebiet der Qualitäts- und Edelstähle 1956 ein eigenständiges, von ihm geleitetes Institut für Sonderstahlkunde mit Lehrstuhl an der Bergakademie gegründet wurde.

Neben der Lehre wurde auch die Forschung des Instituts unter seiner Leitung neu profiliert und erheblich erweitert.⁴ Beginnend von Untersuchungen zur Reduzierbarkeit der in der DDR verfügbaren Eisenerze, über Studien zur Brauchbarkeit des von Rammler und Bilkenroth entwickelten Braunkohlen-Hochtemperaturkokses bis hin zur Erzeugung verbesserter Konverterstähle in der Maxhütte Unterwellenborn und der Verbesserung des Reinheitsgrads von Qualitäts- und Edelstählen, wurde ein extrem breites Spektrum bearbeitet. Damit leistete das Institut einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Eisenhüttenindustrie der DDR.

Von 1957 bis 1959 war Küntscher als metallurgischer Berater der Regierung in der Volksrepublik China tätig. Nach seiner Rückkehr wurde er zunächst Stellvertreter von Prof. Maurer, dem Direktor des Eisenforschungsinstituts Hennigsdorf.

- 4 Erhöhung der Forschungsmittel von 15,3 TMDN 1954 auf 174,2 TMDN 1955.

Im November 1959 schied er aus dem Lehrkörper der Bergakademie aus. Das Institut für Sonderstahlkunde wurde mit Wirkung vom 1. Januar 1960 als Abteilung in das Eisenhütteninstitut eingegliedert.

Nach der Verabschiedung von Prof. Maurer übernahm er im Januar 1960 die Leitung des Eisenforschungsinstituts. Es gelang ihm, die von Maurer begründete erfolgreiche Arbeit fortzusetzen. Neben substantiellen Beiträgen zur Qualitätssteigerung und Kostensenkung in den Stahlwerken der DDR und zum werkstoffgerechten ökonomischen Stahleinsatz sei besonders auf die gemeinsam mit Prof. Manfred von Ardenne durchgeführten Arbeiten zur Entwicklung von Elektronenstrahl-Mehrkammeröfen und des Plasma-Primärschmelzens verwiesen.

Im Jahre 1964 musste Küntscher aus gesundheitlichen Gründen die Leitung des Eisenforschungsinstituts Hennigsdorf aufgeben. Nach schwerer Krankheit verstarb er am 21. Mai 1966, kurz vor Vollendung seines 64. Lebensjahrs. Auf dem Waldfriedhof in Warnemünde wurde er beigesetzt.

Für seine wissenschaftlich technischen Leistungen wurde Wolfgang Küntscher als „Verdienter Aktivist“ (1950), als Nationalpreisträger (1952) und mit dem Vaterländischen Verdienstorden (1954) geehrt. Heute trägt eine Straße in Hennigsdorf seinen Namen.

Literatur

- 1 Ausführliche Angaben siehe: Spies, H.-J.; Krüger, W.: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Küntscher. Acamonta 18 (2011), S. 152-157.
- 2 Wyszomirski, A.: Werkstoffprobleme im VEB Leunawerke Walter Ulbricht. Neue Hütte 1 (1955/56), S. 22-38.

anlässlich seines 80. sowie seines 100. Geburtstags veranstaltet wurden. Bei meinen Ausführungen beziehe ich mich im Wesentlichen auf die dort aus der Sicht von ehemaligen Schülern und Mitarbeitern sowie Historikern gehaltenen Vorträge, die in zwei Sonderausgaben der Freiburger Forschungshefte (C 356/1980 und D 210/2002) veröffentlicht wurden.

Otto Meißer wurde am 19. Juni 1899 in Apolda geboren. Nach dem Schulbesuch in Weimar studierte er Physik und Mathematik an der Universität Jena und promovierte 1923 bei dem namhaften Physiker Max Wien. Jena blieb auch für die nächsten 17 Jahre seine Wirkungsstätte, wo der Geophysiker Oskar Hecker sein akademischer Mentor wurde. An der

damals neu gegründeten, von Hecker geleiteten Reichsanstalt für Erdbebenforschung wurde Meißer mit dem Aufbau einer Abteilung für Angewandte Geophysik betraut, dem er sich mit der ihm eigenen Tatkraft auf unterschiedlichen geophysikalischen Arbeitsgebieten widmete. Nach seiner Habilitation für das Fach Geophysik 1928 an der Universität Jena hielt er zunächst als Privatdozent und ab 1939 als a.o. Prof. Vorlesungen und organisierte 1930 erstmalig in Deutschland einen internationalen Kurs für Angewandte Geophysik mit 60 Teilnehmern.

Nachdem am 1. Oktober 1940 an der Bergakademie Freiberg ein Institut für Angewandte Geophysik errichtet worden war, war es folgerichtig, einen für dieses

Otto Meißer Zum 50. Todestag

Wolfgang Göthe

Viel zu früh ist Prof. Meißer, der erste Direktor des Instituts für Angewandte Geophysik, am 23. Juli 1966 in Freiberg verstorben. Er wurde, seinem Wunsche entsprechend, in Jena, seiner langjährigen Wirkungsstätte, beigesetzt.

Es ist eine Ehre für mich, als ehemaliger Student und Assistent am genannten Institut zum 50. Todestag Prof. Meißers an diesen bedeutenden Wissenschaftler erinnern zu dürfen. Umfassende Rückblicke auf sein Leben und Wirken waren Gegenstand von Kolloquien, die



Foto: H. Manfijn, Jena

Professor Otto Meißer im Gespräch, Aufnahme 1963

Fach so kompetenten Wissenschaftler wie Otto Meißer zum Direktor zu berufen. Einberufung zur Wehrmacht 1941 sowie die Entlassung aus dem Staatsdienst Ende Januar 1946 schränkten das Schaffen Meißers an der Bergakademie erheblich ein bzw. beendeten es vorerst jäh. Es ist bemerkenswert, dass es ihm unter den Bedingungen des Kriegseinsatzes gelang, sein Buch „Praktische Geophysik“ fertigzustellen und 1943 zum Druck zu bringen. Nach wissenschaftlicher Tätigkeit für das Technische Büro der sowjetischen Militäradministration bis Mitte 1947 sowie einer dreijährigen Tätigkeit in Jugoslawien als Berater des dortigen Bergbauministeriums wurde Meißer 1951 wieder an die

Bergakademie berufen und nunmehr als ordentlicher Professor erneut Direktor des Instituts für Angewandte Geophysik. Die Belange der Geophysik in Freiberg waren ab 1946 von Wolfgang Buchheim wahrgenommen worden, der 1951 als Ordinarius für Geophysik mit der Leitung des neu installierten Instituts für Theoretische Physik und Geophysik betraut wurde.

Äußeres Zeichen der Anerkennung der in den folgenden Jahren von den beiden Instituten unter dem Motto „Einheit von Forschung und Lehre, von Theorie und Praxis“ im In- und Ausland stark beachteten Ergebnisse war der 1964 bezogene Neubau „Geophysikalische Institute“ an der Gustav-Zeuner-Straße, der später – im Rahmen des Gedenkkolloquiums 1979 – in „Otto-Meißer-Bau“ umbenannt wurde. Das unermüdliche Schaffen Meißers, nicht nur an seinem Institut, sondern auch in zahlreichen nationalen und internationalen Gremien, wurde durch hohe staatliche Auszeichnungen gewürdigt. In den Jahren 1955 bis 1957 war er Rektor der Bergakademie. Nach seiner Versetzung in den Ruhestand Ende Januar 1966 wurde er zum Ehrensensator ernannt.

Unter uns Studenten war Otto Meißer hoch geachtet und wegen seiner beinahe väterlichen, humorigen Art außerordentlich beliebt. Als wir an der Jahrestagung der Geophysikalischen Gesellschaft teilnehmen durften, die im Mai 1958 letztmalig in der DDR – und zwar an ihrer Gründungsstätte Leipzig – durchgeführt

wurde, hat es uns gefreut, dass der Festvortrag von Meißer gehalten wurde. Ein besonderes Erlebnis war es für uns, unmittelbar nach Abschluss des Studiums als frischgebackene Geophysiker zusammen mit ihm im August 1959 an einer mehrtägigen Exkursion nach Polen teilzunehmen. Im Verlaufe der Exkursion haben wir den „Chef“ ganz von seiner privaten Seite kennengelernt. Die auf der Hinreise im Speisewagen des D-Zuges von ihm spendierten Flaschen guten Rheinweins und der für ihn beschwerliche, mit uns gemeinsam aber bewältigte Aufstieg zur Passhöhe unterhalb des Kasprowy Wierch in der Hohen Tatra sind für mich bis heute als Höhepunkte in Erinnerung geblieben. Die Wertschätzung, die Prof. Meißer allerorten entgegengebracht wurde, haben wir besonders wahrgenommen, als in Katowice von einem Generaldirektor der polnischen Berg- und Hüttenindustrie für unsere Exkursionsgruppe ein nahezu festlicher Empfang gegeben wurde. Als wir im selben Jahr eingeladen wurden, im Rahmen der wöchentlich am Institut durchgeführten geophysikalischen Kolloquien über die Ergebnisse unserer Diplomarbeiten vorzutragen, war dies für uns Freude und Ehre zugleich.

Aus Anlass des 100. Geburtstages von Prof. Meißer legten einige ehemalige Studenten und Mitarbeiter an seinem Grab in Jena ein Blumengebilde nieder. Dass seine Grabstätte heute nicht mehr besteht, erfüllt uns mit Wehmut.



Foto: Christian Waltschies

Der Otto-Meißer-Bau in der Gustav-Zeuner-Straße, erbaut 1961/63, Aufnahme 2008

Die sechs Fakultäten der TU Bergakademie Freiberg haben am 12. April ihre neuen Dekane gewählt



An der Spitze der Fakultät für Mathematik und Informatik steht nun Prof. Dr. Konrad Froitzheim. Er ist seit 1998 Professor an der Freiburger Universität und seit Juni 2006 Professor für Informatik – speziell Betriebssysteme und Kommunikationstechnologien.



Neuer Dekan der Fakultät für Chemie und Physik ist Prof. Dr. Jens Kortus. Der bisherige Prodekan habilitierte 2003 an der TU Bergakademie Freiberg. Seit September 2005 ist er Professor für Theoretische Physik und Leiter des gleichnamigen Instituts.



Zum Dekan der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau wurde Prof. Dr. Klaus Spitzer von gewählt. Der amtierende Institutsdirektor der Geophysik und Geoinformatik ist seit 2000 als Professor für Angewandte Geophysik in Freiberg tätig.



Neu gewählter Dekan der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik ist Prof. Dr. Thomas Bier. Er ist seit 2002 Professor für Baustofftechnik am Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik.



Prof. Dr. David Rafaja übernimmt die Leitung der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie. Er ist seit 2003 Professor für Struktur und Gefüge von Werkstoffen und leitet seit elf Jahren das Institut für Werkstoffwissenschaft.



Prof. Dr. Carsten Felden hat bereits Erfahrung als Fakultätsleiter. Im Dezember 2006 wurde er zum Professor für Wirtschaftsinformatik und Informationswirtschaft berufen und seit 2013 ist er Dekan der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.

Neue Professorinnen und Professoren berufen

Prof. Liv Jäckel



Professur für Öffentliches Recht

Am 11. März 2016 wurde Prof. Dr. habil. Liv Jäckel zur Professorin für Öffentliches Recht an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der TU Bergakademie Freiberg berufen. Sie hatte bereits seit dem Wintersemester 2016/17 die Vertretung der Professur inne. Liv Jäckel wurde in Hamm geboren, studierte in Münster Jura und legte 1996 ihr zweites juristisches Staatsexamen beim Freistaat Sachsen ab. Nach ihrer Tätigkeit als Richterin am Landgericht Leipzig arbeitete sie von 1997 bis 2007 als Wissenschaftliche Assistentin an der Juristenfakultät der Universität Leipzig. Hier wurde sie im Jahr 2000 promoviert. Im Juni 2008 folgte die Habilitation an der Juristenfakultät der Universität Leipzig. Das Thema ihrer Habilitationsschrift war „Gefahrenabwehrrecht und Risikodogmatik. Moderne Technologien im Spiegel des Verwaltungsrechts“. Im Mai 2014 übernahm sie den Lehrstuhl für Öff-

entliches Recht, insbesondere deutsches und europäisches Wirtschafts- und Regulierungsrecht, an der Handelshochschule Leipzig. Da der Inhalt ihrer Habilitation im Bereich des Umwelt- und Technikrechts liegt, reizt sie an der TU Bergakademie Freiberg das naturwissenschaftlich-technische Profil. Die neue Freiburger Professorin vertritt das öffentliche Recht in seiner ganzen Breite, auch unter Einbezug des Europa- und Völkerrechts.

Prof. Hans-Jörg Starkloff

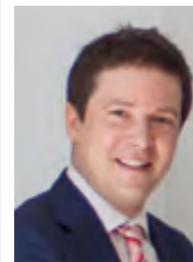


Professur für Angewandte Stochastik

Prof. Hans-Jörg Starkloff ist seit dem 1. März 2016 neuer Professor für Angewandte Stochastik an der TU Bergakademie Freiberg. Der Absolvent des Studiengangs Mathematik an der Moskauer Staatlichen Lomonossow-Universität übernahm die Professur von Prof. Karl Gerald von den Boogaart. Der Mathematiker beschäftigt sich künftig mit der Analyse und Simulation von Wahrscheinlichkeits-

modellen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der stochastischen Unsicherheitsquantifizierung. Besonders spannend ist für ihn die interdisziplinäre Verbindung mit Anwendungen aus dem Bereich der Geowissenschaften (beispielsweise zur Modellierung von Grundwasserströmungen) oder der Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften.

Prof. Markus Valtiner



Professur für Physikalische Chemie II

Prof. Dr. Markus Valtiner hat am 29. April die Professur für Physikalische Chemie II übernommen. Die Forschungsschwerpunkte von Prof. Valtiner liegen in der Oberflächen- und Grenzflächenchemie: Adhäsion und Reibung von Materialien, Entwicklung neuer Messtechniken mit dem Fokus auf dem Bereich der Klebtechniken und Korrosion im Rahmen von internationaler Kooperation. Markus Valtiner – geboren in Villach (Österreich) – studierte Chemieingenieurwesen in Wien.

Von 2006 bis 2008 war er Promotions-Student am Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf. Im November 2008 schloss er seine Promotion an der TU Wien zum Thema „Atomistic understanding of structure, stability and adhesion at ZnO/electrolyte interfaces“ ab. Anschließend blieb er zunächst als Postdoktorand am Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf. Von 2010 bis 2012 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der University of California tätig. Im Zeitraum 2012 bis 2016 arbeitete Prof. Valtiner als Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für Eisenforschung im Bereich Grenzflächen- und Oberflächentechnik.

Prof. Jörg Benndorf



Professur für Geomonitoring und Markscheidewesen

Mit Prof. Jörg Benndorf hat sich die Universität auf dem traditionsreichen Wissensgebiet Markscheidewesen – einem Gründungsfach der Bergakademie – verstärkt. Der Freiburger Absolvent erhielt am 29. August 2016 seine Berufungsurkunde. An der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau lehrt Prof. Jörg Benndorf die Studenten künftig markscheiderische Fähigkeiten wie die Erfassung notwendiger Geo-Daten. Des Weiteren sollen künftig gezielt Fachvorlesungen internationalisiert werden, um den Austausch mit verschiedenen Europäischen Institutionen zu fördern. Der neue Professor baut auf das Profil der Ressourcenuniversität und möchte über

eine enge Verzahnung mit benachbarten Fachgebieten in der Forschung interdisziplinäre Projektideen entwickeln. Vor seinem Ruf an die TU Bergakademie Freiberg, wo er bereits bis 2001 studiert hat, arbeitete er vier Jahre lang als Junior Professor an der TU Delft, Niederlande. Dort initiierte er mehrere europäische Forschungsprojekte, darunter das H2020 Projekt Real-Time Mining.

Prof. Rüdiger Schwarze



Professur für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen

Ab 1. September übernahm Prof. Rüdiger Schwarze die Professur für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen, die er vorher bereits seit Sommer letzten Jahres kommissarisch leitete. Dort will er künftig mit seinem Team neue, aufstrebende strömungsmechanische Themen bearbeiten. „Die Berufung ist für mich eine Bestätigung der bisher von meinen Mitarbeitern und mir in Lehre und Forschung gezeigten Leistungen und der dabei erzielten Erfolge“, erklärt Prof. Schwarze. Zugleich ist sie Ansporn, die Arbeit mit dem gesamten Lehrstuhl-Team genauso erfolgreich fortzusetzen.



Nach Redaktionsschluss: Zum 1. November 2016 wurde Dr. Jutta Stumpf-Wollersheim auf die Professur für Betriebswirtschaftslehre, insb. Internationales Management und Unternehmensstrategie, berufen.

Prof. Björn Kiefer



Professur für Technische Mechanik – Festkörpermechanik

Am 1. September erhielt Prof. Björn Kiefer seine Berufungsurkunde. Mit der Professur für Technische Mechanik – Festkörpermechanik vertritt er als Nachfolger von Prof. Meinhard Kuna an der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik künftig das Grundlagenfach Mechanik. Vor seinem Ruf an die TU Bergakademie Freiberg arbeitete Prof. Björn Kiefer sechs Jahre lang als Juniorprofessor für „Mechanics of Functional Materials“ an der TU Dortmund. Schwerpunkte seiner Forschung sind die Modellierung und die Simulation des Deformationsverhaltens von Festkörpern. Dafür soll ein virtuelles Labor eingerichtet werden, in dem sich Materialeigenschaften künftig bereits vor der Herstellung simulieren, untersuchen und idealerweise maßschneidern lassen.

Der Experte für Festkörpermechanik will eine Brücke zwischen Grundlagenforschung im Bereich der Materialwissenschaften und typischen ingenieurtechnischen Anwendungen schlagen – sich den modernen Herausforderungen der Materialmodellierung in Zusammenarbeit mit Kollegen der Ingenieursdisziplinen sowie anderer Fachrichtungen zuwenden, u. a. mit Vorhaben auf dem Feld der sog. „Smart and Functional Materials“, Materialien, die aufgrund spezieller multiphysikalischer Effekte Energiespeicherungs- und Umwandlungseigenschaften aufweisen.

Geburtstage unserer Vereinsmitglieder – Herzliche Glückwünsche und Glückauf!

60. Geburtstag

- Prof. Dr.-Ing. Bier, Thomas A., Freiberg
- Dipl.-Ing. Byrla, Hans, Hoyerswerda
- Prof. Dr. Dempe, Stephan, Brand-Erbisdorf
- Dipl.-Ing. Fischer, Wolfgang, Wolmirstedt
- Dr. Freymann, Klaus, Augsburg
- Prof. Dr. Froitzheim, Konrad, München
- Dipl.-Ing. Fuchs, Reinhard Willy, Lohsa
- Prof. Dr. rer. nat. Heilmeyer, Hermann, Freiberg
- Prof. Dr. Hinner, Michael B., Coswig
- Dipl.-Ing. Klocek, Gert, Cottbus

- Dipl.-Ing. Kögler, Klaus-Michael, Gäufelden
- Dr.-Ing. Kuchling, Thomas, Oberschöna
- Frau Lagerpusch, Angelika, Freiberg
- Dipl.-Ing. Neumann, Wolfgang, Nauheim
- Dipl.-Kfm. Pods, Werner, Meura
- Prof. Dr. Ratschbacher, Lothar, Oberschöna
- Dipl.-Ing. Roy, Frank, Cottbus
- Dipl.-Ing. (FH) Schollmeyer, Thomas, Mühlhausen
- Frau Scholz, Johanna, Borna
- Prof. Dr. Schönfelder, Bruno, Niederschöna
- Dr. rer. nat. Seidel, Jürgen, Reinsberg

- Dipl.-Ing. Sontag, Volker, Weißwasser
- Prof. Dr.-Ing. Stelter, Michael, Wegefarth
- Dipl.-Ing. Wehner, Gerd, Recklinghausen

65. Geburtstag

- Dipl.-Ing. Aßmus, Bernd, Zeithain
- Dipl.-Chem. Bochmann, Gerd, Zschorlau
- Prof. Dr. Bongaerts, Jan C., Freiberg
- Dipl.-Ing. oec. Doberstein, Volker, Freiberg
- Dr.-Ing. Eulenberger, Klaus, Oberschöna
- Dr.-Ing. Fischer, Stephan, Freiberg
- Dipl.-Ing. Floß, Ulrich, Berlin
- Dipl.-Chem. Jahnke, Hans-Joachim, Polz
- Dipl.-Ing. Ök. Jansen, Gisela, Freiberg
- Dipl.-Ing. Korngiebel, Bernd, Berka-Vitzeroda
- Dipl.-Ing., Assessor D. M. Michaely, Horst, Herne
- Dipl.-Ing. Osterburg, Helmut, Erlbach-Kirchberg
- Kaufmann Sens, Hans-D., Hilden
- Dipl.-Ing. Sichone, Karin, Freiberg
- Dr.-Ing. Thielen, Walter, Gummersbach
- Dipl.-Ing. oec. Thieme-Perdelwitz, Rita, Elxleben
- Prof. Dr. Voigt, Wolfgang, Weißenborn
- Dipl.-Ing. Zimmermann, Wilfried, Chemnitz

70. Geburtstag

- Dr.-Ing. Koi, Herbert, Halsbrücke
- Dipl.-Ing. Miedtank, Lutz, Taucha
- Prof. Dr. Näther, Wolfgang, Dresden
- Dr. rer. nat. Richter, Klaus, Freiberg
- Prof. Schmidt, Reinhard, Freiberg
- Dr. oec. Schreier, Frank, Moritzburg
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Spröbzig, Wolfgang, Hartmannsdorf
- Prof. Dr. Weber, Edwin, Freiberg

75. Geburtstag

- Dr.-Ing. Adam, Jochen, Dresden
- Dr.-Ing. Claros, Jaime T., POTOSI
- Doz. Dr. sc. oec. Dobry, Ulrich, Freiberg
- Dr.-Ing. Dornburg, Dieter, Freiberg
- Dipl.-Kfm. Finger, Bodo, Bochum
- Dipl.-Ing. Fischer, Karl-Heinz, Thoßfeld
- Prof. Dr. Gminder, Rolf, Heilbronn
- Prof. Dr.-Ing. habil. Heschel, Wolfgang, Freiberg
- Dr.-Ing. Höhne, Diethard, Freiberg
- Dipl.-Ing. Jäpel, Gernot, Mittenwalde
- Frau Linström, Anita, Halle
- Dipl.-Chem., Dr. rer. nat. Medicus, Günther, Torgau
- Dr.-Ing. Moewes, Klaus, Altenburg
- Dipl.-Ing. Reinhardt, Oskar, Eilenburg
- Dr.-Ing. Rühlicke, Margarete, Freiberg
- Dr. rer. nat. Runge, Werner, Freiberg
- Prof. Dr. paed. habil. Dr.-Ing. Schöne, Roland, Chemnitz
- Dipl.-Ing. Stachel, Günter, Freiberg
- Dipl.-Ing. Stricker, Roland, Hoyerswerda
- Dipl.-Ing. Treffkorn, Bernd, Augustusburg
- Dr.-Ing. Trommer, Dietmar, Freiberg

80. Geburtstag

- Dr.-Ing. habil. Altmann, Walter, Leipzig
- Dr. Bechstein, Dietrich, Delitzsch
- Prof. Blobel, Günter, New York City
- Prof. em. Dr.-Ing. Fenk, Jürgen, Dresden
- Dipl.-Ing. Günther, Erdmann, Schönwalde
- Hegenberg, Brigitte, Freiberg
- Dipl.-Ing. Irmer, Dieter, Chemnitz

- Dr.-Ing. Jagnow, Hans-Joachim, Dortmund
- Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Kasig, Werner, Aachen
- Assessor d. Bergfachs Kegel, Karl-Ernst, Köln (Riehl)
- Dr. h. c. Krüger, Erika, München
- Dr.-Ing. Lange, Heinz-Jürgen, Brand-Erbisdorf
- Prof. Dr.-Ing. Meyer, Lutz, Voerde
- Dr.-Ing. Modde, Peter, Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. em. Müller, Rudhard-Klaus, Brandis
- Prof. Dr.-Ing. habil. Oehlstöter, Gerhard, Magdeburg
- Dr. oec. Piprek, Hans-Jürgen, Berlin
- Dipl.-Ing. Redlich, Hans, Freiberg
- Dr.-Ing. Rühlicke, Dietrich, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Schlegel, Ernst, Freiberg
- Dr.-Ing. Schmidt, Joachim, Halsbrücke
- Prof. i. R. Dr.-Ing. Schulle, Wolfgang, Freiberg
- Dr.-Ing. habil. Siegert, Wolfgang, Leipzig
- Dipl.-Ing. Skolik, Horst, Schöneiche b. Berlin
- Dipl.-Ing. Träger, Hans-Jürgen, Chemnitz
- Dipl.-Ing. Unger, Peter, Markkleeberg
- Assessor des Bergfachs Wahnschaffe, Horst, Essen
- Prof. Dr.-Ing. habil. i. R. Wiehe, Jürgen, Freiberg
- Dr.-Ing. Zschoke, Klaus, Freiberg

81. Geburtstag

- Prof. Dr.-Ing. habil. Budde, Klaus, Bitterfeld
- Dr. rer. nat. Burghardt, Oskar, Krefeld-Bockum
- Dr. rer. nat. Gärtner, Karl-Heinz, Freiberg
- Prof. i. R. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Gerhardt, Horst, Freiberg
- Dipl.-Ing. Hofmann, Lothar, Leipzig
- Prof. Dr.-Ing. habil. Krauß, Armin, Freiberg
- Dipl.-Ing. Lehmann, Rudolf, Borna
- Oberlehrer i. R. Menzel, Ernst, Freiberg
- Dr.-Ing. Müller, Helmut, Freiberg
- Dr.-Ing. Rehling, Peter, Aachen
- Dipl.-Ing. Schulze, Hans-Joachim, Berlin
- Prof. Dr.-Ing. Wegerdt, Christian, Freiberg

82. Geburtstag

- Prof. Buhrig, Eberhard, Dresden
- Dr. rer. nat. Douffet, Heinrich, Freiberg
- Dr.-Ing. Ebel, Klaus, Ingersleben
- Dipl.-Ing. Gottschalk, Jürgen, Hamburg
- Dipl.-Ing. Gruhl, Karl-Heinz, Bonn
- Dipl.-Ing. oec. Hofmann, Johannes, Freiberg
- Dr.-Ing. John, Manfred, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. habil. Kochs, Adolf, Lichtentanne
- Prof. Dr.-Ing. habil. Köpsel, Ralf, Dresden
- Dr.-Ing. Kulke, Horst, Freiberg
- Dipl.-Ing. Nicolai, Thomas, Dresden
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Oelsner, Christian, Freiberg
- Dipl.-Ing. Pysarczuk, Theodor, Bannewitz
- Prof. Dr.-Ing. habil. Spies, Heinz-Joachim, Freiberg
- Assessor des Bergfachs Spruth, Fritz, Werne
- PD Dr.-Ing. habil. Ulbricht, Joachim, Freiberg
- Prof. i. R. Dr.-Ing. Walde, Manfred, Freiberg
- Dipl.-Ing. Wiesenfeldt, Ludwig, Mülheim a. d. Ruhr

83. Geburtstag

- Dipl.-Geophys. Albin, Siegfried, Leipzig
- Dipl.-Ing. Bergemann, Heinz, Berlin
- Prof. Dr.-Ing. habil. Bilkenroth, Klaus-Dieter, Hohenmölsen
- Dr.-Ing. Denecke, Albrecht, Buchholz
- Prof. em. Dr. Dr. h. c. Förster, Wolfgang, Halsbrücke
- Prof. Dr. Guntau, Martin, Rostock

- Dr.-Ing. Hahn, Manfred, Freiberg
- Dr.-Ing. Harzt, Dietmar, Freiberg
- Markscheider i. R. Dipl.-Ing. König, Dietrich, Lübbenau
- Doz. Dr.-Ing. Krüger, Walter, Freiberg
- Frau Michel, Gudrun, Berlin
- Prof. Dr.-Ing. habil. Piatkowiak, Norbert, Großschirma
- Dr.-Ing. Rocktaeschel, Gottfried, Dresden
- Markscheider Dr.-Ing. Schmidt, Tankred, Hoyerswerda
- Dipl.-Ing. Textor, Horst-Ulrich, Mülheim a. d. Ruhr
- Prof. Dr. Toffel, Rolf, Lehre

84. Geburtstag

- Doz. Dr.-Ing. habil. Förster, Siegfried, Freiberg
- Prof. em. Dr. rer. nat. habil. Hofmann, Joachim, Großschirma
- Dipl.-Ing. Hohoff, Wilhelm, Lingen (Ems)
- Prof. i. R. Dr.-Ing. habil. Lehnert, Wolfgang, Freiberg
- Dipl.-Ing. Lenz, Louis, Wittenberg
- Dipl.-Ing. Milz, Karl-Heinz, Markkleeberg
- Dr. oec. Mitzinger, Wolfgang, Berlin
- Dr.-Ing. Nitsche, Joachim, Düsseldorf
- Dipl.-Ing. Schölzel, Helmut, Muldestausee
- Prof. Dr.-Ing. habil. Straßburger, Christian, Dinslaken
- Prof. Dr. rer. nat. Wolf, Monika, Krefeld

85. Geburtstag

- Prof. Dr. rer. nat. habil. Brand, Paul, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Brandt, Horst, Leipzig
- Dipl.-Ing. Denning, Wilhelm, Buxtehude
- Dr.-Ing. Eidner, Dieter, Freiberg
- Dr.-Ing. Göhler, Peter, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. habil. Hensel, Arno, Chemnitz
- Prof. em. Dr. Klose, Erhard, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Marx, Claus, Owingen
- Dipl.-Berging. Mertens, Volkmar, Essen-Steele
- Dr.-Ing. Pforr, Herbert, Freiberg
- Dr.-Ing. habil. Schaeff, Hans Jürgen, Dresden
- Dr.-Ing. Träger, Heiner, Büdingen

86. Geburtstag

- Prof. Dr.-Ing. Engshuber, Manfred, Ilmenau
- Prof. i. R. Dr. Franeck, Heinzjoachim, Dresden
- Prof. Dr. Hein, Klaus, Freiberg
- Dipl.-Ing. Knickmeyer, Wilhelm, Essen
- Dr.-Ing. Kraft, Heinz, Bad Reichenhall
- Dipl.-Ing. Meinig, Klaus, Dresden
- Herr Mester, Egon, Buxtehude
- Dr.-Ing. habil. Mohry, Herbert, Leipzig
- Markscheider Dr.-Ing. Schulze, Günter, Bad Liebenwerda
- Prof. Dr. sc. techn. Uhlig, Dieter, Altenberg
- Prof. i. R. Dipl.-Geol. Voigt, Günter, Cottbus
- Assessor des Bergfachs Worringer, Dieter, Essen

87. Geburtstag

- Dr. rer. nat. Heeg, Klaus, Ravensburg
- Prof. Dr. Dr. h. c. Kolditz, Lothar, Fürstenberg/Havel
- Dipl.-Ing. Schubert, Wolfgang, Bad Elster
- Prof. em. Dr. rer. oec. Unger, Lothar, Dresden

88. Geburtstag

- Dipl.-Ing. (FH) Günbler, Peter, Kempen
- Dr.-Ing. Klepel, Gottfried, Markkleeberg
- Dr.-Ing. Severin, Gerd, Dresden
- Prof. Dr.-Ing. Steinhardt, Rolf, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Wild, Heinz Walter, Dinslaken

89. Geburtstag

- Herrn Flach, Siegfried, Damme

- Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Kratzsch, Helmut, Berlin
- Dipl.-Ing. Matthes, Günter, Luxembourg
- Dr. Ing. E. h. Rauhut, Franz Josef, Bottrop
- Prof. Dr.-Ing. habil. Schmidt, Martin, Berlin
- Prof. Dr. sc. techn. Schmidt, Reinhardt, Weimar
- Dipl.-Ing. Stolpe, Egon Emanuel, Nürnberg
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Wagenbreth, Otfried, Freiberg

90. Geburtstag

- Dr.-Ing. Löhn, Johannes, Freiberg
- Prof. Dr. sc. techn. Drs. h. c. Schubert, Heinrich, Freiberg

91. Geburtstag

- Dr.-Ing. Bartelt, Dietrich, Essen
- Dr.-Ing. Boltz, Gerhard, Lutherstadt Eisleben
- Markscheider Dipl.-Ing. Hartnick, Dieter, Freiberg
- OBERINGENIEUR UNLAND, JOHANN, DRESDEN

92. Geburtstag

- Prof. Dr. Dr. h. c. Heitfeld, Karl-Heinrich, Bad Neuenahr-Ahrweiler

93. Geburtstag

- Dipl.-Ing. Hagelücken, Manfred, Erfstadt-Bliesheim

96. Geburtstag

- Markscheider Dipl.-Ing. Beyer, Kurt, Dresden

Geburtstagsjubiläen begehen nach dem 25. November 2016:

60. Geburtstag

- Markscheider Dipl.-Ing. Hoffmann, Frank, Drebkau
- Dipl.-Ing. Junker, Dietmar, Cottbus

65. Geburtstag

- Dipl.-Ing. Schaller, Andreas, Chemnitz

70. Geburtstag

- Dipl.-Ing. (FH) Knechtel, Rudolf, Brand-Erbisdorf
- Dr.-Ing. Lersow, Michael, Breitenbrunn
- Prof. Dr.-Ing. habil. Zenker, Rolf, Mittweida

75. Geburtstag

- Dipl.-Geol. Dörfer, Hubertus, Freiberg
- Dipl.-Ing. Staar, Manfred, Halle/Saale
- Dr.-Ing. Zöllner, Wolfgang, Leipzig

80. Geburtstag

- Frau Kutzer, Annerose, Windach
- Dipl.-Ing. Tobies, Alfred, Freiberg

81. Geburtstag

- Dr. Hildmann, Eckart, Fulda
- Dipl.-Ing. Ök. Richter, Heinz, Großschirma
- Dr.-Ing. Winter, Siegfried, Dippoldiswalde

82. Geburtstag

- Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Knissel, Walter, Bad Gandersheim

84. Geburtstag

- Dr.-Ing. Strasse, Wolfgang, Berlin

85. Geburtstag

- Dipl.-Ing. Vielmuth, Alfred, Gera
- Dipl.-Geol. Waltemate, Günther, Eichwalde

87. Geburtstag

- Dr. rer. nat. Dipl.-Geophys. Hiersemann, Lothar, Leipzig
- Dipl.-Ing. Hülsenbeck, Otto, Leipzig
- Dipl.-Ing. Schulz, Lothar, Gotha

88. Geburtstag

- Dipl.-Ing. Bannert, Horst, Neuhof

90. Geburtstag

- Dipl.-Ing. Krug, Günther, Lutherstadt Eisleben

91. Geburtstag

- Prof. i. R. Köhler, Johannes, Köln

Zum 80. Geburtstag von Prof. Ernst Schlegel

Ernst Schlegel, geboren am 6. November 1936 in Ranis/Thüringen, besuchte in Probstzella die Grundschule (1943–1951) und in Saalfeld die Otto-Ludwig-Oberschule (1951–1955). Aus damals wichtigen „politisch-ideologischen“ Gründen – die Eltern gehörten nicht zur Arbeiterklasse und insbesondere wegen seiner Weigerung, einen 25-jährigen Dienst bei der kasernierten Volkspolizei anzutreten – erfüllte sich sein Studienwunsch „Veterinärmedizin“ nicht. Aus heutiger Sicht kann man die damalige Ablehnung des ursprünglichen Studienwunsches als einen großen Glücksfall für die Silikatechnik und die Bergakademie Freiberg betrachten.

Nach einem Jahr „zur Bewährung in der sozialistischen Produktion“ sowie einem damals für die Ingenieurdisziplinen der Bergakademie üblichen einjährigen Vorpraktikum konnte Ernst Schlegel praktische Erfahrungen auf den Fachgebieten der Keramik (Porzellanwerke Kahla und Probstzella, Elektrokeramikwerk Neuhäuser-Schierschnitz), der Glasherstellung (Glaswerk Haselbach), der Feuerfestindustrie (Silikawerk Bad Lausick) sowie der Zement-Produktion (Unterwellenborn) sammeln.

Von 1957 bis 1962 studierte Ernst Schlegel in der Fachrichtung Silikathüttenkunde bei den Professoren Haase und Beyersdorfer sowie bei Dr. Petzold. Diese Jahre waren nicht nur von den notwendigen Vorlesungen, Seminaren, Praktika und Prüfungen, sondern auch von vielfältigen gemeinsamen Erlebnissen im Kreise der Mitstudenten geprägt. Dazu gehörten sportliche Aktivitäten (Fußball, Kegeln, Ablegen des Sportabzeichens), Besuch von Tanzvergnügen in der Mensa sowie im Tivoli, Skatspielen in Freiburger Kneipen und auch Auslandsexkursionen in die Tschechoslowakei und nach Bulgarien. Ernst Schlegel war des Weiteren noch als Betreuer eines unserer nordkoreanischen Mitstudenten tätig.

Weitere Betriebspraktika während des Studiums wurden im Fliesenwerk Boizenburg, im Schamottewerk Eisenberg und im Elektroporzellanwerk Berlin-Pankow absolviert.

Nach dem Diplom zur Thematik „Der Einfluss der Gehalte an SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 des natürlichen Dolomits auf die Hydratationsneigung des Sinterdolomits“ beginnt seine Tätigkeit 1962 als

wissenschaftlicher Assistent am Institut für Silikathüttenkunde unserer Alma mater.

Die ursprünglich geplante Tätigkeit an der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar kam nicht zustande, weil Student Schlegel zu aktiv in die Organisation der Diplom-Abschlussfeier im März 1962 eingebunden war, deren angemeldeten Umzug durch Freiberg die damalige SED-Herrschaft als politische Provokation wertete und entsprechend erregte. Als Assistent war man in das allgemeine und spezielle Institutsleben integriert. Dies betraf die Leitung des Chemielabors, die Betreuung nachrückender Studentenjahrgänge als Seminargruppenleiter und einzelner Studien- sowie Diplomarbeiten, die Durchführung von Praktika und die Leitung von In- und Auslandsexkursionen. Auslandsaufenthalte bei Prof. Solacolu am Polytechnischen Institut Bukarest, an der Bergakademie in Krakau und an der Chemisch-Technologischen Hochschule Prag dienten der Intensivierung wissenschaftlicher Zusammenarbeit, aber auch der Erweiterung des persönlichen Horizonts.

Ab 1965 hielt Ernst Schlegel Vorlesungen über mineralische Bindemittel und Baustoffe.

1967 folgte mit der Arbeit „Die Entsäuerung, Sinterung und das Schmelzverhalten von Kalkstein, Dolomit und Magnesit in Gegenwart von Flussspat im Temperaturbereich bis 1600 °C“ die Promotion zum Dr.-Ing. Ergebnisse dieser Arbeit fanden Anwendung bei der Entfluorierung von Rauchgasen zum Schutz der Umwelt wie auch bei der Nutzung der genannten basischen Rohstoffe in der Feuerfest-Industrie, nicht nur in der DDR.

Im anschließenden Zeitraum von 1968 bis 1975 wirkte Ernst Schlegel als Oberassistent für Forschung am Institut für Silikatechnik und erhielt 1969 die „*facultas docendi*“ zuerkannt. Seine fachlichen Aktivitäten verlagerten sich mehr und mehr in den Bereich der Baustoffindustrie. Er wirkte als Leiter einer intersektionalen Forschungsgruppe „Silikatbeton“ im Rahmen des Forschungskooperationsverbands „Neue Baustoffe“ und eines Ministerabkommens mit der Sowjetunion.

1975 wechselte der Jubilar für drei Jahre im Rahmen eines Praxisaufenthalts, wie seitens des damaligen Rektors gefordert, zum Institut für Stahlbeton im VEB Betonleichtbaukombinat Dresden, ohne dabei seine Verbindungen zur



Bergakademie aufzugeben. In Dresden war er maßgeblich an grundlegenden und verfahrenstechnischen Entwicklungen, an Projektierungsproblemen und auch an der technologischen Überführung des „Dichten Silikatbetons“ in die Praxis (Aufbau und Testbetrieb eines Versuchswerks mit einer Jahresproduktion von 220 Tt Fertigbauteile) beteiligt. Damit waren auch Arbeitsaufenthalte in Baustoffbetrieben der Sowjetunion, der Tschechoslowakei, Polens und Ungarns verbunden.

An der Bergakademie promovierte Ernst Schlegel 1976 zum Dr. sc. techn. (Habilitation) mit der Dissertation B zum Thema „Sinterung, Hochtemperaturreaktionen und hydrothermale Reaktionen von CaO und SiO_2 – Wege zur Erhöhung der Reaktionsbereitschaft und Vorschläge für technische Anwendungen“. Aus dieser Dissertation leiteten sich wertvolle Hinweise für die Entwicklung und Produktion dichter und poröser Silikatbetone ab – sowie auch für hochporöse synthetische Calciumaluminat zur Fertigung von Feuerfestprodukten.

Nach dem Praxisaufenthalt wurde Ernst Schlegel 1978 zum Hochschuldozenten für Bindemittel an die Bergakademie berufen und baute in dieser Funktion eine leistungsorientierte Lehr- und Forschungsgruppe auf, die sich mit den Grundlagen der Hydrothermal-Technologie zur Herstellung synthetischer Rohstoffe und Wärmedämmstoffe, aber auch mit Problemen des Kalks und weiterer Bindemittel beschäftigte. Prof. Schlegel legte stets Wert auf einen engen Kontakt zu den Studierenden; er nahm alle anfallenden Lehr- und Forschungsarbeiten mit dem nötigen Enthusiasmus wahr und wurde

von den Studenten des Öfteren zum „beliebtester Hochschullehrer“ gewählt. Mit viel Engagement betreute er eine Vielzahl von Studien- und Diplomarbeiten, Dissertationen, ferner die studentischen Forschungsgruppen „Kalk für Silikatbeton“ mit 21 und „Gasbeton für Hochtemperatur-Wärmedämmungen“ mit 12 Studenten.

In den 1980er Jahren war Dr. Schlegel Sekretär der Fakultät für Technische Wissenschaften beim damaligen Dekan, Prof. Heinrich Schubert.

Von 1985 bis 1988 war Ernst Schlegel Leiter des Wissenschaftsbereichs „Keramische Technologie und Bindemitteltechnik“, was für einen Nichtgenossen weniger üblich war und bei jüngeren Parteimitgliedern gewisse Verwunderungen hervorrief.

Nach der politischen Wende stellte sich Ernst Schlegel, ohne sein Augenmerk auf neue Ämter und Würden zu richten, den neuen Anforderungen. 1990 bis 1994 wurde er Prorektor für Wissenschaftsentwicklung, 1991 folgte der Ruf zum Professor neuen Rechts für Bindemittel und Baustoffe, 1994 bis 1996 war er Studiendekan für den Studiengang „Keramik, Glas- und Baustofftechnik“, ehe er dann 1997 bis 2000 als Rektor der TU Bergakademie Freiberg und 1999 bis 2000 als Präsident des Internationalen Hochschulinstituts Zittau tätig war.

Zehn Jahre lang war er Mitglied des Senats. Aufgrund seiner Verdienste um die Bergakademie wurde dem Jubilar 2001

die Würde eines Ehrensenators verliehen. Zusätzlich zu diesen vielfältigen internen Aktivitäten wurden Prof. Schlegel auch von außerhalb hohe Ämter übertragen:

- 1985 Mitglied der Bauakademie der DDR, Sektion Baumaterialien
 - 1991–1997 Mitglied des Senats- und Bewilligungsausschusses für Graduiertenkollegs der DFG
 - Seit 1996 Ordentliches Mitglied der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Gründungsmitglied der Technikwissenschaftlichen Klasse, ab 2001 Sekretär derselben, 2005–2007 Vizepräsident der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig
 - Seit 2001 Senatsmitglied der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften
 - Vorgesetzter einer Arbeitsgruppe des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung
 - Seit 2002 Mitglied der Akademie der Technikwissenschaften acatech Berlin/München
 - 1993 Gastprofessur an der TU Kreta
 - 1999 Ehrendoktor der Universität Miskolc/Ungarn
 - 2002 Emil-Votocek-Medaille der Chemisch-Technologischen Universität Prag
- Resümierend kann man festhalten, dass sich Prof. Ernst Schlegel stets mit ganzer Kraft für die TU Bergakademie Freiberg einsetzte, sowohl für interne Angelegenheiten wie auch für das äußere

Erscheinungsbild. Dies gilt insbesondere für die Periode des Neubeginns nach 1989/90, in der er sich als Prorektor und Rektor um vielfältige Probleme kümmern musste, wie um die personelle Umgestaltung, um Fragen zur Strukturentwicklung, um die Vorbereitung von Forschungskomplexen, um den Abschluss von Kooperationsverträgen, um die Gründung von An-Instituten, um Aufgaben in der Region sowie – in nicht unerheblichem Umfang – auch um Aktivitäten zur Sicherung des weiteren Bestands unserer Universität einschließlich der Problematik des Stellenabbaus.

Mit dem Eintritt in das Rentenalter war für Ernst Schlegels Laufbahn noch lange nicht Schluss. Er ist weiterhin auf dem Gebiet der Silikatechnik tätig und wirkt aktiv an der Lösung von Fachproblemen der Zementindustrie als halbtags-beschäftigter wissenschaftlicher Mitarbeiter mit.

Sein hohes Engagement dokumentiert sich auch in der Zahl seiner Publikationen (zahlreiche Fachartikel, Bücher bzw. Lehrmaterialien, Fachvorträge vor nationalen und internationalen Gremien, Patente sowie Forschungsberichte).

Dem Jubilar, der stets als sympathischer Studienfreund, als verständnisvoller Fachkollege und Vorgesetzter auftrat, sei Dank gesagt und für weitere Jahre beste Gesundheit und Schaffenskraft gewünscht.

■ Harry Seifert

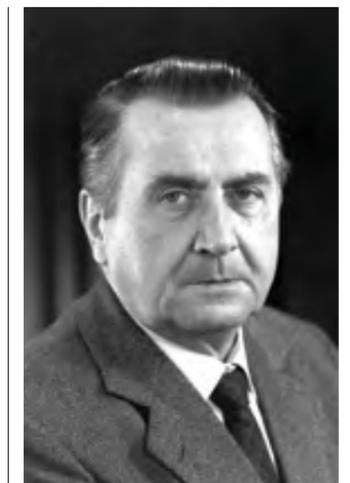
90. Geburtstag von Prof. Heinrich Schubert

Am 23. Januar 2016 feierte Prof. Dr. sc. techn. Drs. h. c. Heinrich Schubert, vor seiner Emeritierung Leiter des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, seinen 90. Geburtstag. Für alle Gratulanten war es eine Freude zu sehen und zu wissen, wie Prof. Schubert nach wie vor seine vielfältigen persönlichen und fachlichen Aufgaben meistert.

Heinrich Schubert, geboren in Pirna-Jessen, konnte, bedingt durch zwischenzeitlichen Militärdienst, erst 1946 den Oberschulbesuch mit dem Abitur abschließen. Nachfolgend arbeitete er in Vorbereitung auf das Studium ein Jahr in verschiedenen Bergbaubetrieben als Praktikant. Im Herbst 1947 begann das Studium an der Bergakademie Freiberg, das er 1951/52 mit einem Doppelpass und hervorragenden Ergebnissen abschloss (1951:

Dipl.-Ing. Fachrichtung Aufbereitung; 1952: Dipl.-Ing. Fachrichtung Bergbau). Nach dem Studium nahm er eine Tätigkeit beim VEB Kupfererz Sangerhausen auf, bei der er bereits 1953 zum Hauptingenieur avancierte. Nachfolgend bekleidete er verschiedene leitende Positionen: So war er beispielsweise Technischer Leiter der damaligen Hauptverwaltung Erzbergbau in Eisleben, und mit der Bildung der VVB NE-Metallindustrie wurde er auch als deren Technischer Leiter eingesetzt. Dabei konnte er sich umfangreiche praktische Erfahrungen – u. a. auch durch seine Mitarbeit in verschiedenen Gremien des RGW – auf dem Gebiet des Erzbergbaus und der NE-Metallurgie aneignen. Neben seiner Tätigkeit in der Industrie bzw. der staatlichen Verwaltung promovierte er 1956 zum Dr.-Ing. mit der Dissertation „Flotierbarkeit und Strukturbeziehungen bei kationischer Flotation“.

Am 1. Januar 1960 wurde er mit der Wahrnehmung einer Professur für das



Fachgebiet „Aufbereitung“ an der Bergakademie beauftragt und gleichzeitig zum Direktor des damaligen Instituts für Aufbereitung berufen. Es folgten die Ernennung zum Professor mit vollem Lehrauftrag per 1. Mai 1961 sowie die zum Professor mit Lehrstuhl ab 1. September

1964. Auf der Grundlage der Hochschul-lehrerberufungsverordnung vom 6. November 1968 wurde er zum Professor für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik umberufen und Leiter des gleichnamigen Wissenschaftsbereichs an der Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik. Damit einher ging eine Erweiterung der Lehre und Forschung von der „klassischen“ Aufbereitung zur Aufbereitungstechnik und Mechanischen Verfahrenstechnik. In diesem Zusammenhang verfolgte Prof. Schubert konsequent das Konzept, zur Lösung verfahrenstechnischer Problemstellungen neben dem Experiment eine physikalisch begründete Theorie zu entwickeln, um eine umfassende wissenschaftliche Durchdringung der bei den Verfahrensabläufen stattfindenden Vorgänge möglich zu machen. Diese Betrachtungsweise führte zur heute noch tragfähigen systematischen Einteilung der verfahrenstechnischen Prozesse in Grundvorgänge, Mikro- und Makroprozesse.

Schwerpunkt seiner Forschung waren zunächst die (physikochemischen) Grundlagen der Flotation, was sich auch in der Thematik seiner Dissertationen widerspiegelt. Später folgten u. a. Untersuchungen zu den Trennprozessen in turbulenten Mehrphasenströmungen (Hydrodynamik der Flotation, Hydrozyklone), zur Einzelkorn- und Kollektivzerkleinerung sowie zur Schüttgutmechanik. Prof. Schubert erkannte frühzeitig die Bedeutung der Sekundärrohstoffe für die Stoffkreisläufe in einer modernen Volkswirtschaft und räumte diesem Gebiet in Forschung und Lehre einen entsprechenden Stellenwert ein.

Die insgesamt von ihm erzielten Forschungsergebnisse fanden Eingang in mehr als 300 Veröffentlichungen, die

im von Heinrich Schubert geleiteten Wissenschaftsbereich entstanden sind. Nach wie vor ist das in mehreren Auflagen erschienene dreibändige Werk „Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe“ das Standardwerk auf dem Gebiet der Aufbereitungstechnik im deutschsprachigen Raum. Das unter seiner Leitung in Zusammenarbeit mit Fachkollegen in mehreren Auflagen erschienene Lehrbuch „Mechanische Verfahrenstechnik“ trug wesentlich zur Weiterentwicklung der Mechanischen Verfahrenstechnik als eigenständigem Fachgebiet bei. Einen ähnlichen Stellenwert kann man sicher auch dem „Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik“ zusprechen, das ebenfalls unter seiner Leitung entstand.

Im Laufe seiner langjährigen Tätigkeit sind am Institut bzw. im Wissenschaftsbereich mehr als 400 Studenten ausgebildet worden; dazu kommen mehr als 50 Doktoranden.

Ein Großteil der Forschung und auch der Ausbildung der Studenten wurde in direkter langjähriger Kooperation mit der Grundstoffindustrie realisiert, wobei besonders enge Beziehungen zur Kaliindustrie bestanden, die sich u. a. in der Übernahme der Verfahrensträgerschaft für die Aufbereitungstechnologie des neuen Kaliwerks Zielitz äußerten. Des Weiteren liefen unter Schuberts Federführung umfangreiche Forschungsarbeiten zur Metallaufbereitung, zur Fluss- und Schwerspat- sowie zur Zinn- und Uranerzaufbereitung. Auch ist die langjährige Tätigkeit unseres Jubilars in Zentralen Arbeitskreisen verschiedener Ministerien der DDR zu würdigen.

An der Bergakademie Freiberg hat Heinrich Schubert in verschiedenen Funktionen großen Anteil an der Entwicklung

der Hochschule: Hier sind besonders seine Aktivitäten als Prorektor für Wissenschaftsentwicklung (1963 bis 1975) sowie als Dekan der Fakultät für Technische Wissenschaften (1980 bis 1991) zu nennen.

Prof. Schubert war in zahlreichen nationalen und internationalen Gremien tätig. Über viele Jahre vertrat er die DDR in einschlägigen Komitees des International Mineral Processing Congress (IMPC). Seinen Aktivitäten als Chairman des Programmkomitees war es wesentlich mit zu verdanken, dass der XVII. IMPC 1991 in Dresden erfolgreich stattfinden konnte.

Für seine Verdienste um den IMPC insgesamt wurde er 2006 mit dem „Lifetime Achievement Award“ geehrt. Er gehörte mehreren Beiräten international anerkannter Fachzeitschriften an. Die TU Miskolc sowie die TH Carl Schorlemmer Leuna-Merseburg verliehen ihm die Ehrendoktorwürde.

Als Gastprofessor war er an der University of Queensland (Australien) und an der University of Iowa tätig. 1980 wurde ihm der Nationalpreis der DDR, 1997 die Hans-Rumpf-Medaille des VDI/DECHEMA verliehen.

Auf der Grundlage seiner umfangreichen Erfahrungen fühlt er sich nach wie vor verpflichtet, sich kritisch zu Entwicklungstendenzen an der TU Bergakademie Freiberg zu äußern. So ist ihm bis heute die Entscheidung unverständlich, den Lehrstuhl „Aufbereitungstechnik und Recycling“ nicht wieder zu besetzen, obwohl sich die Hochschule zu geschlossenen Stoffkreisläufen bekannt hat und bekennt.

Seine Schüler und Fachkollegen wünschen ihm weiterhin Gesundheit und Schaffenskraft.

■ Klaus Graichen, Gert Schubert

Zum 80. Geburtstag von Prof. Wolfgang Schulle

Das Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik der TU Bergakademie Freiberg würdigte in einem Ehrenkolloquium am 8. April 2016 die Verdienste des Jubilars mit Glückwünschreden des Rektors, des Dekans, des Institutsdirektors und einer Laudatio von Prof. Ernst Schlegel sowie Vorträgen von Absolventen und Freunden.

Wolfgang Schulle wurde am 30. März 1936 in Magdeburg geboren, wo er als Achtjähriger die Bombardierung seiner Heimatstadt erleben musste. Er war mit

seiner Mutter und seinem älteren Bruder mitten im Bombeninferno, und die Familie verlor alle materiellen Güter. Sie musste neu starten – in einem Umfeld mit äußerst schlechten Bedingungen. Vielleicht war das ein Faktor, der Wolfgang Schulle einen nie erlahmenden, starken Leistungswillen aufprägte. So absolvierte er die Schulzeit mit besten Leistungen (Abitur mit Auszeichnung) und war auch sportlich sehr aktiv. Von 1955 bis 1960 studierte er das 1951 an der Bergakademie gegründete Fach Silikathüttenkunde unter der Leitung von Prof. Th. Haase. Das obligatorische einjährige Vorpraktikum absolvierte Wolfgang Schulle in einem Glaswerk, einem

Werk für Technische Keramik und in einem Feuerfestwerk. Während des Studiums war er in mehreren Fächern als Hilfsassistent tätig. Das Studium schloss er als Diplom-Ingenieur mit der Note „sehr gut“ ab und erhielt die Auszeichnung mit der Agricola-Medaille. Danach war er drei Jahre Wissenschaftlicher Assistent bei Prof. Haase und promovierte in extrem kurzer Zeit mit dem Thema „Über die Eignung der dynamischen Heizdrahtmethode zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von feuerfesten Baustoffen bei Raumtemperatur und bei höheren Temperaturen“ zum Dr.-Ing. mit der Note „sehr gut“.

1963 ging Dr. Wolfgang Schulle in das



„Silikawerk Bad Lausick“ als Forschungs- und Kontrollingenieur und wurde später dessen Technischer Leiter. 1967 wurde er in die Funktion des 2. Direktors an das Institut der Feuerfest-Industrie in Meißen berufen und war dort für alle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Feuerfest-Industrie der DDR verantwortlich; 1970 und 1971 war er dann amtierender Direktor dieses Instituts.

1972 folgte die Berufung von Wolfgang Schulle in das neu gebildete Ministerium für Glas- und Keramikindustrie nach Berlin zum Leiter der Abteilung Wissenschaft und Technik, später für Rationalisierung und Grundfondswirtschaft. Eines der größten Objekte, für das er in vollem Umfang zuständig war, ist die Errichtung des Werks für Sanitärkeramik in Haldensleben. Auch in dieser Zeit höchster beruflicher Beanspruchung hielt er enge Kontakte zur Bergakademie. Er war in die Betreuung von studentischen Arbeiten und Promotionen eingebunden und ab 1968 Mitglied des Rates der Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik.

Am 1. September 1975 wurde Wolfgang Schulle nach dem altersbedingten Ausscheiden von Prof. Haase als dessen Nachfolger zunächst zum Honorarprofessor an die Bergakademie berufen und hielt hier ab dem Herbstsemester 1975 Vorlesungen über Feuerfeste Baustoffe. Am 1. September 1978 folgte die Berufung zum Ordentlichen Professor für Keramik, und am 1. Mai 1979 nahm Prof. Schulle dann seine hauptberufliche Tätigkeit an der Bergakademie Freiberg auf. Damit war Wolfgang Schulle nach einer eindrucksvollen Industrie- und Verwaltungskarriere an seinen Studienort zurückgekehrt, wo er die volle Verantwortung für die Ausbildung im Fachgebiet Keramik übernahm.

1980 wurde Prof. Schulle zum Leiter des Wissenschaftsbereichs Silikatechnik und der gleichnamigen Fachrichtung ernannt. In dieser Position plante, organisierte und leitete er ab 1982 den Aufbau eines Silikatechnikums an der Bergakademie mit dem Standort Agricolastraße 17 – in enger Kooperation mit dem VEB Porzellankombinat Kahla. Dieses 5-Millionen-Mark-Objekt konnte trotz des damals sehr komplizierten wirtschaftlichen Umfelds 1987 eingeweiht werden. Damit war eine äußerst wichtige Voraussetzung für die weitere Entfaltung von Lehre und Forschung für die Silikatindustrie geschaffen. Damit untermauerte die Silikatechnik an der Bergakademie ihre Ausrichtung auf verfahrenstechnisch-technologische Entwicklungen und Untersuchungen in einer Weise, wie dies an anderen Lehr-einrichtungen bis heute kaum möglich ist. Forschungsschwerpunkte waren dabei Arbeiten zur Nutzung einheimischer Rohstoffe unter neuartigen Aspekten, zur keramischen Formgebung, zum keramischen Schnellbrand, zur Entwicklung von Hochtemperatur-Wärmedämmstoffen u. a.

1984 wurde Schulle zum Direktor der Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik berufen, zu der auch die Wissenschaftsbereiche Mechanische und Thermische Verfahrenstechnik, Reaktionstechnik, Aufbereitung, Brennstofftechnik, Kohleveredelung, Brikettierung und Entstaubungstechnik gehörten. Auch in dieser außerordentlich anspruchsvollen Position erwies er sich speziell in der Zeit der politischen Wende und politischer Umwälzungen als ein weitsichtiger Wissenschaftler. Es spricht für seine hohe fachliche Kompetenz und moralische Integrität, dass er nach der Wandlung der Sektionen in Fachbereiche zum Dekan des neuen Fachbereichs Verfahrenstechnik und Silikatechnik gewählt wurde. Als im Jahr 1991 an der Bergakademie die Institute wiedergegründet wurden, erfolgte die Wahl von Wolfgang Schulle zum Direktor des Instituts für Silikatechnik. Unser Jubilar wurde entsprechend der Empfehlung einer Berufungskommission vom Sächsischen Staatsminister für Wissenschaft und Kunst zunächst mit der Wahrnehmung einer Professur Neuen Rechts beauftragt. 1992 wurde er zum C4-Professor für Keramik der TU Bergakademie Freiberg berufen.

Als Dekan des Fachbereichs Verfahrenstechnik und Silikatechnik war Prof. Schulle bis 1994 stimmberechtigtes Mitglied des Senats. Von 1997 bis 2000 wirkte

er als Prodekan der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik.

Wolfgang Schulle war vor und nach 1990 in zahlreichen Industriegremien, Fachverbänden und Vereinen als gefragter Keramik-Experte tätig. Nicht hoch genug kann seine Wahl 1999 zum Präsidenten der Deutschen Keramischen Gesellschaft gewürdigt werden. Es spricht für sein hohes Ansehen, dass er damit als erster Ostdeutscher in diese Position bei einem der ältesten und bekanntesten deutschen Berufsverbände gewählt worden ist.

Seine umfangreichen Kontakte zu Industriebetrieben und Instituten in Deutschland und anderen Ländern nutzte er zielgerichtet für die Ausbildung der Studierenden und die Weiterbildung der Mitarbeiter. Zu nennen sind beispielsweise seine intensiven Kooperationen mit der TU Clausthal, der RWTH Aachen, den Fachhochschulen Nürnberg und Höhr-Grenzhausen, der TU Kreta in Chania, der Kocatepe Universität Afyon in der Türkei und der Chiang Mai Universität in Thailand.

Das wissenschaftliche Wirken von Wolfgang Schulle ist durch eine außerordentliche Produktivität gekennzeichnet. Mehr als 200 Veröffentlichungen in anerkannten Fachzeitschriften entstammen seiner Feder; auf nationalen und internationalen Tagungen hielt er ca. 180 Vorträge. Er führte mehr als 400 Studenten erfolgreich zum Diplom und mehr als 30 Doktoranden zur Promotion.

Zu Prof. Wolfgang Schalles Ehrenkolloquium anlässlich seines 80. Geburtstags charakterisierte sein Amtsnachfolger, Prof. Christos G. Aneziris, sein Wirken an der und für die TU Bergakademie Freiberg wie folgt: „Mit dem Geburtstag Wolfgang Schalles feiern wir auch viele Jahre Tradition in der Keramik. Er hat es verstanden, das Alte, Traditionsreiche mit dem Visionären zu verbinden, und dieses Erbe ist etwas ganz Besonderes. Wir können heute das ausbauen, wozu unser Kollege Wolfgang Schulle vor Jahren den Grundstein gelegt hat.“ So ist die Thematik der Hochtemperaturkeramiken, die im Rahmen zweier Sonderforschungsbereiche bearbeitet wird, heute eine wichtige Säule der Kompetenz des Instituts.

Der Jubilar kann auf ein erfülltes Berufsleben und ein erfolgreiches Wirken im Fachgebiet zurückblicken. Viele Freunde und Fachkollegen wünschen ihm Gesundheit und weitere, schöne Jahre im Kreise seiner Familie und Freunde.

■ Joachim Ulbricht

Prof. Dr. Richard Steinmetz verstorben

Am 21. Februar 2016 ist im 86. Lebensjahr Prof. Dr.-Ing. habil. Richard Steinmetz in Cottbus verstorben.

Er wurde am 9. August 1930 in Eger, dem heutigen Cheb (Tschechien), geboren. Nach dem Krieg fand die Familie ein neues Lebensumfeld in Zschornowitz bei Bitterfeld. Richard Steinmetz erlernte hier den Beruf eines Schlossers.

Ab 1949, ihrem Gründungsjahr, bis 1951 absolvierte er die Arbeiter- und Bauern-Fakultät (ABF) der Bergakademie Freiberg und erwarb das Abitur. Von 1951 bis 1956 folgte ein Studium an der Bergakademie Freiberg, Fachrichtung Bergbau-Tagebau, das er als Diplom-Ingenieur abschloss. 1956 bis 1961 arbeitete er im damaligen Braunkohlenwerk „John Schehr“, Laubusch (Lausitzer Revier), in verschiedenen Arbeitsbereichen, zunächst als Assistent der Tagebauleitung im Tagebau Scado und als Tagebautechnologe. 1958 wurde ihm die Funktion des Abraumbetriebsleiters und von 1959 bis 1961 die des Tagebauleiters im Tagebau Bluno übertragen. 1961 folgte ein Wechsel in die zentrale Leitung des Lausitzer Braunkohlenreviers, die VVB (Vereinigung Volkseigener Betriebe) Braunkohle Senftenberg. Hier arbeitete er zunächst als Gruppenleiter für Gewinnung im Bereich Produktion und ab 1962 als Leiter der Abteilung Technologie der VVB.

1964 erfolgte an der Bergakademie Freiberg die Promotion zum Dr.-Ing. mit einer Arbeit zu Problemen beim Betrieb von Förderbrücken mit mehr als einem angeschlossenen Gewinnungsgerät. Die facultas docenti für das Lehrgebiet Tagebautechnik erwarb Richard Steinmetz 1975. Es folgte 1976 die Berufung zum Hochschuldozenten für Entwurfsprozesse und Tagebauprojektierung an die Bergakademie Freiberg, Sektion Geotechnik und Bergbau, Wissenschaftsbereich Tagebautechnik.

Mit einer Arbeit zur Thematik „Untersuchungen zur Intensivierung der Braunkohlegewinnung durch Weiterentwicklung der Technologien mit kurzem Förderweg“ erwarb er 1977 den akademischen Grad Dr. sc. techn., der 1991 in Dr.-Ing. habil. umgewandelt wurde. Seine Berufung zum Ordentlichen Professor für Entwurfsprozesse und Tagebauprojektierung erfolgte 1978. Von 1980 bis 1986 übernahm er das Amt des Prodekans der Fakultät für Technische Wissenschaften an der Bergakademie. 1986 wurde er zum Vorsitzenden des Wissenschaftlichen Rates für die Hauptforschungsrichtung Braunkohle beim Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der DDR berufen. Er nahm darüber hinaus die Funktion des Vorsitzenden des Zentralen Arbeitskreises Tagebautechnik beim Forschungsrat der DDR wahr.



Gemeinsam mit Dipl.-Ing. H. Mahler, Senftenberg, legte er 1987 das Fachbuch „Tagebauprojektierung“ vor, erschienen im VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Nach der politischen Wende in der DDR nahm er von 1992 bis 1995 die Professur für Bergbau-Tagebau am neugegründeten Institut für Tagebau an der TU Bergakademie Freiberg wahr. 1995 verlieh ihm die Technische Universität Petroșani (Rumänien) die Würde eines Ehrendoktors. Mit dem Erreichen des 65. Lebensjahres schied Prof. Dr.-Ing. habil. Richard Steinmetz aus dem aktiven Hochschuldienst aus.

In der Folgezeit verlegte Prof. Steinmetz seinen Lebensmittelpunkt nach Cottbus. Hier engagierte er sich ab 1997 im Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e. V. Er brachte hier seine umfangreichen beruflichen Erfahrungen aus seiner Tätigkeit im Braunkohlenbergbau und als Hochschullehrer an der Bergakademie Freiberg ein. Der 2004 erschienene Band 1 der Beiträge zur Geschichte des Lausitzer Bergbaus ist maßgeblich unter seiner Leitung und Mitwirkung entstanden.

Gesundheitliche Gegebenheiten begrenzten in den Folgejahren zunehmend seine Möglichkeiten. Im Februar 2016 vollendete sich sein Leben. Seine Schüler, Freunde und Kollegen werden ihn in ehrender Erinnerung behalten.

■ Rainer Vulpius, Manfred Walde

Professor Dr. Herbert Artur Schneider verstorben

Am 2. September 2016 verstarb Prof. Dr. rer. nat. habil. H. A. Schneider, Professor für Experimentelle Physik an der TU Bergakademie Freiberg im Ruhestand, nach einem langen erfüllten Leben im Alter von 90 Jahren in Halle (Saale).

Herbert Schneider wurde am 13. Januar 1926 in Hergisdorf geboren. Nach seinem Abitur 1947 in der Lutherstadt Eisleben studierte er Physik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und schloß sein Studium 1953 als Diplom-Physiker ab.

Nach einem Jahr als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Zentralen Forschungsstelle der Kali-Industrie in Teutschenthal arbeitete er am Institut für Physik der Technischen Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg zunächst als Assistent, später als Oberassistent, Dozent für Physik und ab 1966 als Professor mit Lehrauftrag für Physik. In diesen Jahren promovierte er 1959 an der Universität Rostock mit einer Arbeit über „Orientierte Verwachsungen von n-Alkylaminhydrochloriden mit Alkalihalogeniden“ und habilitierte sich 1965 an der Technischen Hochschule Leuna-Merseburg mit einer Arbeit „Über den Einfluß

der Struktur fester Stoffe auf die Adsorption ionogener Tenside aus Lösungen“. 1967 wurde Herbert Schneider zum Professor mit Lehrauftrag für Experimentalphysik an die Bergakademie Freiberg berufen und gleichzeitig zum Direktor des II. Physikalischen Instituts ernannt. 1968 wurde er Direktor der neugegründeten Sektion Physik, eine Aufgabe, die er bis 1980 mit Engagement und Erfolg wahrnahm, und als Nachfolger von Prof. Dr.-Ing. R. K. Liebold, Leiter des Wissenschaftsbereiches Experimentelle Physik. 1969 wurde er zum ordentlichen Professor für Experimentelle Physik (Festkörperphysik) umberufen. Seit 1972 war er Mitglied des Beirats Physik des Ministeriums für das Hoch- und Fachschulwesen der DDR.

Seit Beginn seiner Laufbahn als Hochschullehrer galt seine besondere Aufmerksamkeit und Liebe der Ausbildung von Studenten, in Freiberg aller naturwissenschaftlichen und technischen Fachrichtungen. Zusammen mit seinen Kollegen der Angewandten Physik baute er eine Vorlesung mit instruktiven, eindrucksvollen Demonstrationsversuchen auf. Das von ihm ebenfalls neu gestaltete und ständig verbesserte physikalische Praktikum hat Generationen von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren geprägt. Das „Freiberger Modell“ der Ausbildung in Experimentalphysik diente allen technischen Grundstudienrichtungen der

Hochschulen der DDR als obligatorisches Vorbild. Seine Erfahrungen in der Lehre fanden ihren Niederschlag in den Lehrbüchern „Physik für Ingenieure“ in zwei Bänden und „Physikalisches Praktikum für Anfänger“.

Mit Beginn seiner Tätigkeit in Freiberg war Herbert Schneider an der Gründung und der Arbeit der Intersektionellen Forschungsgemeinschaft Halbleiter (IFG) als Mitglied und seit 1982 bis 1991 als Vorsitzender ihres wissenschaftlichen Rats beteiligt. Unter der Auftraggeberschaft des VEB Spurenmetalle Freiberg, der Keimzelle der heute so erfolgreichen Halbleiterindustrie im Raum Freiberg, arbeiteten in dieser Forschungsgemeinschaft ständig die Sektionen Physik und Metallurgie und Werkstofftechnologie mit jeweils mehreren Wissenschaftsbereichen an Vorlauforschungen zur industriellen Produktion von Halbleiterbauelementen zusammen. Diese Forschungsgemeinschaft bündelte die Kräfte von ca. 25 wissenschaftlichen und ca. 15 vollzeitbeschäftigten technischen Mitarbeitern verschiedener Fachgebiete von der Züchtung bis zur umfassenden strukturellen, elektrischen und optischen Charakterisierung von Halbleitern. Ab etwa 1980 liefen die Arbeiten der IFG zu ternären Verbindungen auf Wunsch des Auftraggebers zugunsten binärer Verbindungen aus. Es hatte sich erwiesen, dass ihre Herstellung technisch schwer beherrschbar



und deshalb ihr Einsatz für optoelektronische Bauelemente nicht gegeben war.

Daneben blieb Herbert Schneider bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand auch seinen alten Interessen zur Tensidadsorption verbunden. In enger Zusammenarbeit mit Prof. Dr. sc. techn. Heinrich Schubert vom Wissenschaftsbereich Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik setzte er hierzu Forschungsarbeiten erfolgreich fort.

Herbert Schneider engagierte sich neben seiner Tätigkeit als Sektionsdirektor aktiv in der akademischen Verwaltung der Bergakademie. Er war von 1974 bis 1983 Prodekan und seitdem bis 1991 Dekan der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften.

Das umfangreiche Schaffen Schneiders wurde wiederholt durch Auszeichnungen geehrt. Er erhielt 1959 die Medaille für Ausgezeichnete Leistungen der DDR, 1965 den Carl-Schorlemmer-Preis der Technischen Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg, 1977 die Ehrennadel der TU Bergakademie Freiberg und 1978 die Humboldt-Medaille der DDR in Silber.

Von der engen Verbundenheit des Verstorbenen mit unserer Universität zeugt die in seinem Vermächtnis geäußerte Bitte, anstelle von Blumengaben für sein Grab den VFF mit Geldspenden zu unterstützen.

■ Jochen Monecke

Prof. Dr. Detlef Hebert verstorben

Am 21. November 2015 (* 2. Januar 1943) verstarb nach langer Krankheit Prof. Dr. rer. nat. habil. Detlef Hebert.

Nach dem Abitur in Freiberg und Physikstudium an der Universität Leipzig begann er 1969 seine wissenschaftliche Tätigkeit an der Bergakademie Freiberg. Hier promovierte er 1975 zur C-14-Grundwasserdatierung und ihrer hydrogeologischen Anwendung. Im selben Jahr nahm er an einer sowjetischen Expedition in die Antarktis teil und brachte viele verschiedenartige Materialproben zur Datierung mit nach Freiberg. Langjährige Forschungsarbeiten zu Tritium in der Atmosphäre mündeten 1988 in der Promotion B (später Dr. rer. nat. habil.). Es folgten die Berufung zum Privatdozent 1994 und zum außerplanmäßigen Professor 1997. Die Anwendung kernphysikalischer Analytik an natürlichen Radionukliden zur Datierung von Grundwässern und Umweltproben bestimmte sein Arbeitsgebiet wesentlich. Zahlreiche Fragestellungen zu hydrodynamischen Vorgängen in natürlichen geologischen Formationen und Bergbau-Folgegebieten konnten nicht zuletzt durch seine Untersuchungen geklärt und damit wichtige Prognosen abgeleitet werden. Sein Interesse galt aber

auch der Physik und Chemie von Klima und Atmosphäre. So setzte er sich kritisch mit populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen zum anthropogenen Klimawandel auseinander und stellte diesen Darstellungen physikalische Gesetzmäßigkeiten gegenüber.

In der universitären Lehre engagierte er sich in der Grundlagen- aber auch Vertiefungsausbildung umfassend und war ein beliebter Hochschullehrer. Detlef Hebert war von der Bedeutung der



Stiftung „Technische Universität Bergakademie Freiberg“ für die Zukunft der Hochschule überzeugt und zählte zu den ersten Stiftern bei ihrer Gründung.

Mit ihm verlieren wir einen begeisterten Physiker und freundlichen Kollegen, der mit fundiertem Wissen und Verständnis für geologisch-

physikalische Zusammenhänge die fakultätsübergreifende wissenschaftliche Zusammenarbeit über viele Jahre prägte.

■ Ronald Otto

Wir trauern um unsere Vereinsmitglieder

Prof. Dr. habil. Detlef Hebert, Freiberg * 02.01.1943, † 22.11.2015	Dipl.-Ing. Dietmar Imhof, Freiberg * 05.12.1943, † 21.05.2016
Dipl.-Geophys. Hartmut Schröter, Zwickau * 07.05.1939, † 02.12.2015	Dipl.-Ing. Karl Triebel, Vellmar * 08.06.1932, † Jan. 2016
Dipl.-Ing. Dietmar Emrich, Bergheim * 20.02.1934, † 22.01.2016	Dipl.-Ing. Lothar Schnellendorfer, Riesa * 10.06.1940, † 27.06.2016
Markscheider Dr.-Ing. Horst Bognitz, Halle/Saale * 20.05.1928, † 24.12.2015	Dipl.-Geologin Renate Reuter, Freiberg * 30.06.1929, † 18.05.2016
Prof. Dr.-Ing. habil. Richard Steinmetz, Cottbus * 09.08.1930, † 21.02.2016	Prof. Dr. rer. nat. habil. Herbert A. Schneider, Freiberg * 13.01.1926, † 02.09.2016



Bertram Triebel:

Die Partei und die Hochschule – Eine Geschichte der SED an der Bergakademie Freiberg

Leipziger Universitätsverlag GmbH, 2015.
277 S., 161 Lit.
ISBN 978-3-86583-951-0. 33,00 Euro.

Im Rahmen der wissenschaftlichen Buchreihe „Freiberger Forschungen zur Wissenschafts- und Technikgeschichte“, herausgegeben vom Direktor des Instituts für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. H. Albrecht, ist als Band 1 das Buch mit dem o. g. Titel erschienen. Der Verfasser hat als Mitglied des Graduiertenkollegs „Geschichte der TU Bergakademie Freiberg im 20. Jahrhundert“ eine Dissertation erfolgreich abgeschlossen, aus der das vorliegende Werk hervorgegangen ist.

Auf 277 Seiten wird die Existenz der SED in zwei zeitlichen Abschnitten „I. Das Ringen um die Hoheit an der Hochschule – Die SED an der Bergakademie Freiberg von der Nachkriegszeit bis zur III. Hochschulreform 1968“ und „II. Im Zentrum der Hochschule – Die SED an der Bergakademie Freiberg von den frühen 1970er Jahren bis zum Herbst 1989“ umfassend und zeitlich vollständig von Anfang bis zu ihrem Ende behandelt.

Der Teil I. enthält drei Unterabschnitte; das Kapitel II. ist in sechs Teile gegliedert. Umfangreiche Quellenangaben aus staatlichen und privaten Archiven und einschlägigen Zeitschriften, 161 Literaturzitate

und die Befragung von 31 Zeitzeugen liefern ein facettenreiches Bild über die SED an der Bergakademie Freiberg.

Am Beginn des Buches formuliert der Autor zwei Fragen: „Wer war die SED an der Bergakademie?“ und „Wie sah ihre Herrschaft an der Hochschule aus?“ und vier Blickwinkel: „die Sicht der SED-Funktionäre, der Hochschulleitung, der SED-Anhänger unter den Studierenden und Wissenschaftlern und die Wahrnehmung ihrer parteilosen Kommilitonen und Kollegen.“

Der Verfasser formuliert die folgende Kernaussagen des Buches:

„Als Genosse war man nicht autonom. Mit dem Eintritt (in) die SED hatte sich der einzelne in ihre Verfügungsgewalt begeben. Sie konnte jederzeit von ihrem Anhänger ‚Partei- und Staatsdisziplin‘ einfordern.“

„In den 1950er Jahren trafen die SED-Mitglieder auf ... apolitische Professoren.“

„In den 1960er Jahren stieg die SED endgültig zum entscheidenden Akteur an der Bergakademie auf. Dafür waren drei Faktoren ausschlaggebend.“

– „die Errichtung der Berliner Mauer“ und die III. Hochschulreform,

– „eine neue Generation von Wissenschaftlern“ und deren „fachliche Bildung und politische Loyalität“,

– „Drittens professionalisierte die SED-Grundorganisation ihr Auftreten.“

„In den folgenden 20 Jahren stellte die SED einen elementaren Bestandteil der Hochschule dar“ mit „der strukturellen und personellen Verschränkung von Parteiorganisation und Hochschule.“ ... „Doch nicht nur die SED prägte mit ihrer Herrschaft den Alltag der Hochschulangehörigen, ebenso wirkte das universitäre Milieu auf die Partei ein.“ ... „Die SED stellte keinen Fremdkörper an der Bergakademie Freiberg dar.“

Wenn die SED als elementarer Bestandteil der Hochschule klassifiziert wird, so fehlt im gesamten Buch eine zumindest knappe Darstellung der Leistungen der Bergakademie in Lehre, Forschung und Weiterbildung für die Wissenschaft und Gesellschaft im Zeitraum der SED-Herrschaft. Das nur auf Seite 11 genannte Profil der Bergakademie wird so beschrieben: „... war die Montanhochschule als einzige ihrer Art in der DDR elementar für die heimische Energie- und Rohstoffindustrie. Freiberger Wissenschaftler steigerten die Brenndauer von Braunkohle, erkundeten Ostdeutschland nach Erdgas und Erdöl und bildeten Ingenieure für den Tagebau und die Kohlekraftwerke aus.“ Diese Aussage ist nicht nur dürftig, sondern hinsichtlich der Braunkohle auch falsch. Quellen für die

Leistungen der Bergakademie in diesem Zeitraum könnten die jährlich vorliegenden Lehr- und Forschungsberichte sein.

Es ist festzuhalten, dass die Studienabschlüsse der Bergakademie weltweit, auch in der Bundesrepublik, anerkannt waren, dass das fast vollständig schriftlich vorliegende Lehrwerk in allen deutschsprachigen Ländern verbreitet und genutzt wurde, die Forschungsergebnisse zumindest teilweise internationales Niveau hatten, die heutigen Freiberger Hightech-Unternehmen ihre Wurzeln in der damaligen Grundlagenforschung der Bergakademie haben und diese kleine Hochschule ein beehrter Kooperationspartner überwiegend in Ost, aber auch in der westlichen Hemisphäre, war. Die jährlich veranstalteten Freiberger Berg- und Hüttenmännischen Tage waren eine innerdeutsche und internationale Ost-West-Drehscheibe der Wissenschaft und Wirtschaft. Es gebietet die Objektivität, dies festzustellen, und ich füge hinzu, wenn die SED immanenter Bestandteil der Bergakademie war, dann hat sie auch daran ihren Anteil, bei aller Problematik ihrer Tätigkeit und „führenden Rolle“.

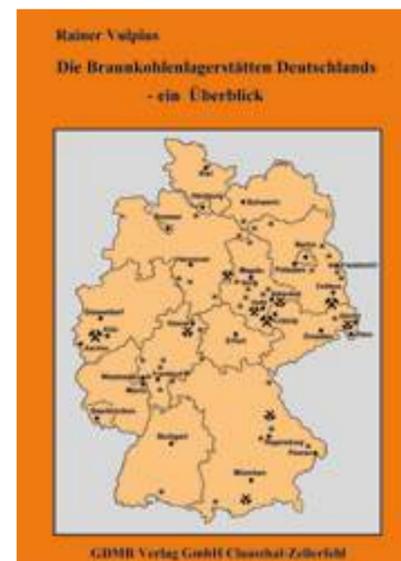
Amüsiert haben mich absurde Aussagen einiger Zeitzeugen, die der Rezensent früher als „stramme Genossen“ kennengelernt hat.

Schließlich: Die SED konnte während ihrer Herrschaft an der Bergakademie nicht verhindern, dass beim Zusammenbruch ihres Machtapparats sofort unbelastete Persönlichkeiten bereit standen, die den Übergang in das Wissenschaftssystem der Bundesrepublik in eigener Regie gestalteten, ein seltener Fall an ehemaligen DDR-Hochschulen.

Insgesamt liegt ein lesenswertes Buch eines jungen Historikers vor, der fleißig gearbeitet und damit eine für Interessierte verfügbare Informationsquelle über die Herrschaft der SED und das Leben an der Bergakademie Freiberg mit seinen vielen Einzelheiten erschlossen hat, der aber die SED-Zeit nicht erleben musste und so verständlicherweise aus heutiger Sicht berichtet und argumentiert.

■ Ernst Schlegel

P.S.: Um Missverständnissen vorzubeugen: Ab 1957 studierte ich in Freiberg, war später Assistent und nach einer Industrietätigkeit ab 1978 Hochschuldozent an der Bergakademie, kein SED- oder Blockparteimitglied und bin „Verfolgter Schüler“ der DDR.



Rainer Vulpus:

Die Braunkohlenlagerstätten Deutschlands – ein Überblick

GDMB Verlag GmbH Clausthal-Zellerfeld, 2015.
657 S. mit 375 Abb., 70 Tab., 758 Lit.
ISBN: 978-3-940276-59-9. 75,00 Euro.

Es verdient hohe Anerkennung, dass der renommierte Fachmann Rainer Vulpus in einer Zeit, in der viel Wissen in Vergessenheit gerät und in der die Braunkohle wenig öffentliche Anerkennung erfährt, den in der Vergangenheit stark erweiterten Erkenntnisstand über die Braunkohlenlagerstätten in Deutschland, deren Lagerstätteninhalte mit ihren entstehungsbedingten unterschiedlichen Eigenschaften sowie die Zusammenhänge zwischen der bisherigen Lagerstättennutzung und den bergbautechnologischen und industriegeschichtlichen Entwicklungen in der vorgelegten Monografie ausführlich darstellt. Es ist ein Fachbuch mit einem Wissensfundus, auf den man noch lange dankbar zurückgreifen wird, zumal auch die vielen kleinen und wenig bekannten Lagerstätten in großer Gründlichkeit beschrieben werden.

Das Buch gliedert sich in folgende Hauptabschnitte:

1. Allgemeine Geologie der Braunkohlenlagerstätten (50 S.)
2. Die petrologische und physiko-chemische Untersuchung der Braunkohlen (49 S.)
3. Die Braunkohlenlagerstättenbezirke Deutschlands
 - Lagerstättenbezirk der Subhercynen Senke (42 S.)

- Lagerstättenbezirk Halle-Merseburg (40 S.)
 - Lagerstättenbezirk des Weißelsterbeckens (40 S.)
 - Bitterfelder Lagerstättenbezirk (18 S.)
 - Lagerstättenbezirk der Niederlausitz (61 S.)
 - Lagerstättenbezirk der Oberlausitz (12 S.)
 - Lagerstättenbezirk der Niederrheinischen Bucht (28 S.)
 - Hessischer Lagerstättenbezirk (64 S.)
 - Braunkohlenvorkommen und -lagerstätten außerhalb der großen Abbaureviere in Nordost- und Nordwestdeutschland (41 S.)
 - Braunkohlenlagerstätten des Süddeutschen Molassebeckens (38 S.)
4. Die Braunkohlenvorräte Deutschlands (2 S.)
 5. Verwertung und Veredlung der Braunkohle (61 S.)
 6. Schlussbemerkungen, Quellen und Sachwortverzeichnis

Hervorzuheben ist die detaillierte Darstellung der vielschichtigen und komplexen Abhängigkeiten zwischen den geologischen Bildungsbedingungen im Tertiär für die teilweise sehr unterschiedlichen Lagerstättentypen, die dadurch entstehende beachtliche Varianz in der stofflichen Vielfalt der Kohlen und die sich daraus entwickelte und teilweise unikate Nutzung. Die Ausführungen werden durch informative Graphiken, Tabellen und Karten sowie durch eine umfangreiche Literaturzusammenstellung bereichert.

Dem Autor ist, dank seiner langjährigen Industrieerfahrung und durch seine Lehrtätigkeit an der TU Bergakademie Freiberg (Lehrstuhl für Geologie der Kohlelagerstätten), ein besonders empfehlenswertes Fach- und Lehrbuch für Geologen, Bergleute, Verfahrenstechniker, Ökonomen und Studierende an Universitäten und Hochschulen gelungen. Das Buch ist auch eine unverzichtbare Informationsquelle für Entscheidungsträger in Behörden und in der Wirtschaft sowie für Politiker und Vertreter der Medien. Es ist ein Buch, das man beim Lesen schwerlich aus der Hand legen kann.

Das Buch regt unwiderstehlich Überlegungen zur zukünftigen Nutzung der Braunkohle an. Die Braunkohle ist nach wie vor ein preisgünstig gewinnbarer Energieträger für die Gewinnung von Elektro- und/oder Wärmeenergie. Die erhöhte spezifische CO₂-Emission reduziert sich erheblich, wenn die primär entbundene Wärme zum Beispiel durch

Kraft-Wärme-Kopplung und weitere Nutzungsvarianten mehrstufig bis zur Niedertemperaturwärme genutzt und auf diese Anwendungsgebiete gesplittet wird. Außerdem verursacht die einheimische Braunkohle im Vergleich zu anderen Importenergieträgern auf den kurzen Transportwegen wenig klimarelevante Emissionen.

Wie im Buch dargestellt, besitzt Deutschland viele kleine und große Lagerstätten an hochwertigen Braunkohlen mit unterschiedlicher Zusammensetzung für verschiedene Einsatzgebiete. Durch ihre wertvollen Inhaltsstoffe und ihre Reaktivität eignen sie sich für die Herstellung vieler neuer Produkte mit sehr geringen Rohstoffumwandlungsverlusten und Emissionen. Sie sind auch wertvolle Rohstoffkomponenten für die stoffliche Veredlung von nachwachsenden Rohstoffen. Die synergetische Nutzung der Eigenschaften beider Rohstoffgruppen ist eine wichtige Voraussetzung für neue Produkte. Mit ihrer Nutzung entstehen Arbeitsplätze, es wird Wertschöpfung erzeugt, und es bietet sich die Chance für die Entwicklung neuer Verfahren.

■ Wolfgang Naundorf

Die Jubiläumspublikationen unserer Universität im Überblick:



Hartmut Schleiff, Roland Volkmer und Herbert E. Kaden: **Catalogus Professorum Freibergensis. Professoren und Lehrer an der TU Bergakademie 1765 bis 2015.** TU Bergakademie Freiberg, 2015. 579 S., zahlreiche s/w-Abbildungen. ISBN 978-3-86012-492-5. 39,90 Euro.

Dietrich Stoyan (Hrsg.): **Bergakademische Geschichten. Aus der Historie der Bergakademie erzählt anlässlich des 250. Jahrestages ihrer Gründung.** mitteldeutscher verlag Halle/Saale, 2015. 472 S., zahlreiche, überwiegend farbige Abbildungen. ISBN 978-3-95462-410-2. 29,95 Euro.

Bernd Lychatz und Ralf-Peter Bösl (Hrsg.): **Die Freiberger Eisenhüttenkunde. Ein historischer Abriss mit biografischen Skizzen.** TU Bergakademie Freiberg, 2014. 288 S., zahlreiche s/w-Abb. ISBN 978-3-86012-491-8. 39,90 Euro.

Jörg Zaun (Hrsg.): **Bergakademische Schätze. Die Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg.** Chemnitzer Verlag und Druck, 2015. 208 S., zahlreiche meist farbige Abb. ISBN 978-3-944509-27-3. 39,90 Euro.

Ulrich Groß (Hrsg.): **Glanztlichter der Forschung.** Chemnitzer Verlag und Druck, 2016. 480 S. mit Abb. ISBN 978-3-944509-26-6. 69,90 Euro.

Helmuth Albrecht: **Die Bergakademie Freiberg. Eine Hochschulgeschichte im Spiegel ihrer Jubiläen 1765 bis 2015.** mitteldeutscher verlag Halle/Saale, 2016. 416 S., 34 s/w-Abbildungen. ISBN 978-3-95462-546-8. 29,95 Euro.



Verein Freiburger Geotechniker e. V. (Hrsg.):

Die Geotechnik in Freiberg von den Anfängen unter Franz Kögler und Karl Kegel bis zur Gegenwart

Verlag TU Bergakademie Freiberg, 2016.
144 S. mit s/w-Abb.
ISBN 978-3-86012-527-4

Der historische Abriss der Anfänge der Geotechnik in Freiberg wurde von den Autoren sehr gründlich recherchiert. Es zeigt sich, dass die Spuren von Kegel und Spackeler, Fleischer und Gimm in der Gebirgsmechanik sowie Kögler, Scheidig und Matschak in der Bodenmechanik einschließlich der jeweiligen wissenschaftlichen Institutionen bis zur Gründung der Fachrichtung Geotechnik im Jahr 1968 und darüber hinaus reichen und deren Strukturen und Inhalte von Lehre und Forschung positiv beeinflussten.

Die Vorzüge in Forschung und Entwicklung in den Jahren bis 1990 lagen in der engen Zusammenarbeit zwischen

Industrie und Hochschule und der damit verbundenen raschen und kontinuierlichen Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis. Die Vorzüge in der Ausbildung der Studenten betrafen vor allem die Einhaltung der Regelstudienzeit, eine bedarfsgerechte Zulassungspraktik in den Fachrichtungen und eine Arbeitsplatzgarantie nach erfolgreichem Hochschulstudium. Heutige Vorzüge sind u. a. in der internationalen Freizügigkeit der Durchführung von Praktika, Exkursionen und Auslandssemester zu sehen, die das Studium bereichern und zu globalen Erkenntnisgewinnen führen.

Meine eigenen Erlebnisse und Erfahrungen in der Zeit von 1964 bis 1991 während des Vorpraktikums und Studiums der Fachrichtung Bergbau-Tiefbau (Prof. Gimm, Prof. Jendersie), der Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent an den Lehrstühlen Gebirgsmechanik (Prof. Gimm) und Bodenmechanik (Prof. Förster), als Mitarbeiter der Industrieforschungsgruppe Geotechnik an der Bergakademie Freiberg (Prof. Förster, Dr. Walde) sowie als Promovend finde ich in allen Abhandlungen des Buches aus der mich betreffenden Zeit bestätigt. Diese Zeit war geprägt durch intensive Grundlagen- und angewandte Forschung zur Lösung gebirgs- und bodenmechanischer Aufgaben der Bergbauindustrie (Kali-, Uran-, Spat-, Kupfer-, Braunkohlenbergbau).

Die guten Ergebnisse in Forschung und Entwicklung sowie in der Ausbildung von Studenten zu hochqualifizierten Fachkräften für die Bergbauindustrie, Behörden und Forschungseinrichtungen wurden erreicht – zum einen durch die enge Zusammenarbeit von Industrie und Hochschule

und zum anderen durch die abgestimmte Zusammenarbeit in den geotechnischen Wissenschaftsbereichen Geomechanik, Bodenmechanik und Ingenieurgeologie, geprägt durch die Lehrstuhlinhaber, ihre wissenschaftlichen Mitarbeiter und Techniker.

Der Ausblick wird mit der Hoffnung verbunden, dass die noch vakanten Lehrstühle für Bodenmechanik und Ingenieurgeologie durch motivierte und fachlich geeignete Personen besetzt werden, damit diese Fachgebiete wieder einen ihrer Bedeutung in Wissenschaft und Lehre entsprechenden Platz erhalten.

Der Inhalt des Buches ist vor allem sach- und aufgabenbezogen. Auch die politische Situation und politische Entscheidungen sind nur an ihren Konsequenzen erkennbar. Natürlich gab es aber im Kreis aller Angestellten auch Anlässe zur Freude, Feste, Feiern, Ausflüge, aber auch Enttäuschungen. Zu begrüßen wäre, wenn in spätere Auflagen persönliche Erlebnisse ehemaliger Mitarbeiter und Studenten zumindest in der Zeit nach 1969 ergänzend einfließen.

Bisherige Reaktionen auf das Buch sind durchweg positiv. Viele ehemalige Absolventen der Fachrichtung Geotechnik können sich mit den Darstellungen identifizieren, spiegeln sie doch einen entscheidenden Teil ihrer Vorbereitung auf das Berufsleben wider, welchen sie in guter Erinnerung behalten. Den Autoren und ihren Unterstützern gilt für diese gelungene Abhandlung der Geotechnik in Freiberg der Dank aller Freiburger Geotechniker und ein kräftiges Glückauf!

■ Alfred Vogt



Auf der Erde leben

ISBN 978-3-86012-518-2

Anlässlich des 250-jährigen Bestehens der Technischen Universität Bergakade-

mie Freiberg hat der frühere Dekan der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Prof. Dr. mult. Carsten Drebenstedt, als Herausgeber eine umfassende Darstellung der Kernfelder seiner Fakultät zusammengestellt. Das Profil Geo, Material, Energie und Umwelt ist nach wie vor prägend für die älteste montanwissenschaftliche Hochschule der Welt.

Mit diesem Profil, das sich deutlich von dem der anderen Technischen Universitäten Sachsens und der Bundesrepublik abhebt, ist die Erfolgsgeschichte der Bergakademie über 2½ Jahrhunderte bis heute unmittelbar verbunden; die Ausrichtung von Forschung und Lehre auf eine nachhaltige Stoff- und Energiewirtschaft hat an Aktualität keine Einbußen erfahren.

Die Kompetenzen der Fakultät und

ihrer sieben Institute werden in Forschung und Lehre, ergänzt durch einmalige Sammlungen sowie das hochschuleigene Forschungs- und Lehrbergwerk, anschaulich dargestellt. Die Texte sind untermalt durch meisterhafte Fotos, die dem Band auch äußerliche Attraktivität verleihen.

An ausgewählten Beispielen wird schließlich die faszinierende Vielfalt der wissenschaftlichen Arbeiten bei den Professuren dargestellt.

Es lohnt sich für Fachleute, Lehrer wie auch für den interessierten Nachwuchs, dieses Werk zu lesen und auf diese Weise eine hochaktuelle Wissenschaftssparte kennenzulernen. Durch seine attraktive Gestaltung ist das Werk auch als Geschenk vorzüglich geeignet!

■ Reinhard Schmidt



Helmuth Albrecht:

Die Bergakademie Freiberg – Eine Hochschulgeschichte im Spiegel ihrer Jubiläen 1765 bis 2015.

mitteldeutscher verlag Halle/Saale, 2016. 416 S.,
34 Abb. ISBN 978-3-95462-546-8. 29,95 Euro.

Mit dem vorliegenden Buch verbindet sich die Grundidee einer modernen Neubearbeitung der Geschichte der Alma mater Freibergensis zum 250-jährigen Jubiläum der TU Bergakademie Freiberg im Jahre 2015. Dabei sollte vor allem der Zeitraum seit 1871 im Rahmen historisch-wissenschaftlicher Studien betrachtet werden. Innerhalb des Bearbeitungszeitraums von drei Jahren war es jedoch nicht möglich, alle Aspekte der Hochschulgeschichte als Gesamtwerk zu behandeln. Es entstand somit der interessante und spannende Ansatz, die 250-jährige Geschichte der Freiburger Hochschule aus der speziellen Perspektive ihrer großen Jubiläen zu analysieren. Das ist mit dem vorliegenden Buch im Nachgang zur Jubiläumssperiode 2015/16 recht eindrucksvoll gelungen. Nach einer Einführung in die Hochschulgeschichtsschreibung und Ausführungen zur Jubiläumskultur werden die zentralen Freiburger Hochschuljubiläen von 1816 (50-Jahrfeier) bis 1990 (225-Jahrfeier) chronologisch, historisch analysiert. Dem vorangestellt sind ein früher Rückblick auf das jüngste 250-jährige Gründungsjubiläum im Leitbild der Nachhaltigkeit, begründet vom Oberberghauptmann H. C. von Carlowitz im Jahre 1713 (u. a. nach U. Grober, 1999), als „Die Ressourcenuniversität. Seit 1765“ und ein Blick auf die Gründungsgeschichte der Lehranstalt, um die Mythen zur „ältesten technischen Hochschule im deutschsprachigen Raum bzw. der ältesten montanwissenschaftlichen

Universität der Welt“ zu verstehen. Der Autor geht darin ziemlich kritisch mit der bisherigen „ahistorischen“ Selbstreflexion der Bergakademie um, denn zwischen 1765 und 1868 waren auch keinesfalls die Merkmale einer universitätsähnlichen Bildungseinrichtung gegeben. Insgesamt wird, wenn auch auf die Jubiläen fokussiert, die Geschichte der seit 1993 zur Technischen Universität aufgestiegenen Bergakademie Freiberg abgebildet. Die Jubiläen mit ihren Festreden und Feierlichkeiten sind jeweils stets ein Spiegelbild der politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, die durch den Autor analysiert und zum Verständnis der stetig in Entwicklung befindlichen Sichtbarkeit der Bergakademie dargeboten werden. Auf diese Weise wird der Weg von der fachspezifischen und auf wissenschaftliches Bildungsniveau ausgerichteten Spezialhochschule „Bergakademie“ zur technischen Universität, der „Ressourcenuniversität seit 1765“, begründet. Die Eingangstitel zu den einzelnen Jubiläumskapiteln charakterisieren diese Entwicklung. Allerdings fanden die Jubiläumsfeierlichkeiten in überwiegendem Maße unter schwierigen Bedingungen statt. Die Napoleonischen Befreiungskriege 1813–1815, die Märzrevolution von 1848 und beide Weltkriege führten zu reduzierten, zeitlich verschobenen bis hin zu abgesagten Festprogrammen. Somit ist es auch nicht verwunderlich, dass erst das 200-jährige Jubiläum im Jahre 1965, nun an einer sozialistischen Hochschule in einer Zeit, die von der marxistisch-leninistischen Weltanschauung geprägt war, als eine extensive Jubelfeier gestaltet werden konnte, was in vergleichbarem Ausmaß auf das Jubiläumsjahr zum 250-jährigen Gründungsjubiläum 2015/16 zutraf bzw. sogar übertroffen wurde. In der Analyse zum Jubiläum im Jahre 1965 wird meines Erachtens die „Geschichte der SED“ etwas überbetont, allein schon deshalb, weil der Fokus eigentlich mehr auf die Organisation und ihre „Macher“ gerichtet ist, während alle anderen Jubelfeiern doch eher durch ihre Rektoren und akademischen Mitglieder repräsentiert werden. Einen bedeutenden Zwischenschritt erlebte das 225-jährige Jubiläum von 1990, den Übergang von der sozialistischen Hochschule zur technischen Universität (1993) in einer freiheitlich, demokratischen Gesellschaftsordnung, also unter Bedingungen, die bereits in der Weimarer Republik ansatzweise vorhanden waren. Mit der Einstellung des Silberbergbaus im Freiburger Revier

(1913), den „Zeunerschen Reformen“ zur Erweiterung als polytechnische Lehranstalt gegen Ende des 19. Jahrhunderts (Einführung der Direktorsverfassung und Studienfreiheit 1871), verbunden mit der Formulierung als „älteste technische Hochschule der ganzen Erde“ zu Beginn des 20. Jahrhunderts, mit dem Aufschwung des Ingenieurwesens und der Hinwendung zur Autarkiepolitik in der Nutzung bevorzugt einheimischer Ressourcen und der Ressourcenschonung bis hin zur Renaissance des Nachhaltigkeitsprinzips führten auch die wirtschaftlichen Verhältnisse zu weitreichenden Änderungen in der Ausrichtung der Bergakademie in Forschung und Lehre. Letztlich spiegeln sich auch die gesellschaftlichen Bedingungen in Festschriften und Feierlichkeiten wider. Hier wird besonders auf den Prozess der bereits seit dem Jahre 1766 einsetzenden Internationalisierung an der Bergakademie, der Gründung akademischer und studentischer Vereine sowie der Gleichstellung von Frauen in Lehre und Forschung eingegangen. Unverändert im Traditionsbewusstsein bleibt der Bezug auf die bedeutenden lehrenden Persönlichkeiten, allen voran A. G. Werner (1749–1817) und seine Schüler, was sich nicht nur im „Werner-Fest“ im Jahre 1850 abbildet, sondern bis heute die Grundlage für alle Feierlichkeiten in der Autobiografie der TU Bergakademie Freiberg bildet.

In einer 20-seitigen Schlussbetrachtung wird vom Autor die Analyse der Jubiläen von 1816 bis 2015/16 historisch, chronologisch zusammengefasst. Der Anhang enthält ein ausführliches Literaturverzeichnis, das auch die parallelen Publikationen zum Festjahr der 250-jährigen Gründungsfeier enthält, die in der Rezension nicht aufgeführt sind. Hinzu kommen das Personenregister und das Abkürzungsverzeichnis. Die Textaussagen des Buches werden durch 34 Abbildungen unterstützt, wobei man sich hier sicherlich die eine oder andere farbige Abbildung gewünscht hätte, zumal die prächtigen historischen Vorlagen es verdient hätten.

Insgesamt kann man das vorliegende Buch als Abbild einer kurzgefassten, wissenschaftshistorisch bearbeiteten Geschichte der TU Bergakademie Freiberg uneingeschränkt empfehlen. Damit verbinden sich die Hoffnungen, dass nicht nur die akademischen „bemoosten Häupter“ davon Gebrauch machen, sondern auch diejenigen, die das 275-jährige Gründungsjubiläum begehen werden.

■ Steffen Wagner



Sabine Ebert:
1813 – Kriegsfeuer.
u.a.: Knauer TB, 2014.
928 S.
ISBN 978-3426505830.
12,99 Euro.

Sabine Ebert:
1815 – Blutfrieden.
u.a.: Knauer TB, 2016.
1088 S.
ISBN 978-3426510209.
12,99 Euro.

Sabine Ebert wider das Vergessen: Romane „1813 – Kriegsfeuer“ und „1815 – Blutfrieden“

2015 feierten wir das 250. Jubiläum der Bergakademie. Im gleichen Jahr gab es diverse andere Jahrestage. Der vielleicht wichtigste war im Juni, am 18.: der 200. Jahrestag der Schlacht von Waterloo/Belle Alliance, der endgültige Sieg über Napoleon. Auch mir ist dieser Jahrestag entgangen. Erst die Lektüre der Bücher von Sabine Ebert „1813 – Kriegsfeuer“ und „1815 – Blutfrieden“ wies mich darauf hin. Dabei blieb doch Freiberg keineswegs unberührt von den großen Umbrüchen jener Zeit. Dementsprechend spielen viele Szenen der beiden Romane in unserer Stadt. So weilten im Frühjahr der russische Zar Alexander I. (nach dem der große Platz in Berlin seinen Namen hat) und der preußische König Friedrich Wilhelm III. in Freiberg. Wissen wir das nicht, weil sie in kein Bergwerk einfuhren oder keine Bergparade abnahmen? Und was lernen unsere Kinder und Enkel in der Schule über die Befreiungskriege? Je nach Standpunkt wird heute von „Befreiungskriegen“ oder „Freiheitskriegen“ gesprochen. Der Streit über diese Begriffe geht bis ins Jahr 1813 zurück. Von Freiheitskriegen sprachen damals und sprechen heute jene, die mit den vielen Freiwilligen sympathisieren, die nicht nur für die Befreiung von der Fremdherrschaft, sondern für eine mit dieser Befreiung verbundene Verfassungsbewegung ins Feld gezogen sind. Von Befreiungskriegen sprachen jene Politiker und Könige, die ihren Völkern keine Verfassung geben wollten, sondern nur den Kampf gegen Frankreich und Napoleon als Kriegsziel ausgeben wollten. Freiheit heißt Verfassungsstaat, Befreiung heißt Sieg über Napoleon.

Sabine Ebert hat es sich zur Aufgabe gemacht, über die Jahre 1813 bis 1815

realistisch und ohne jegliches Pathos zu berichten, um dem Vergessen (oder bewussten Ignorieren?) entgegen zu wirken. Das ist ihr gelungen, ich empfehle ihre ausgezeichnet geschriebenen Bücher wärmstens den Mitgliedern unseres Vereins. Aus überwiegend sächsischer Perspektive – und Sachsen war ja Austragungsort der meisten Kämpfe und war neben Polen einer der großen Verlierer dieses Krieges – beschreibt sie diese Zeit spannend und mit erstaunlichen Details in einem Werk, das von der ersten Seite an als Anti-Kriegsroman angelegt ist.

Der zum Zeitpunkt der Gründung der Bergakademie unmündige Kurfürst Friedrich August III., der spätere König Friedrich August I. von Napoleons Gnaden, von Schmeichlern „der Gerechte“ genannt, kommt sehr schlecht weg. Wie sollte auch einer, der mit 18 Jahren an die Regierung kam und von schlechten Beratern geschult wurde, ein kluger Staatenlenker werden? Wir Freiburger halten ihm zugute, dass er 1765 dabei war, als sein Onkel Xaver die Zustimmung zur Gründung der Bergakademie gab und dass er als Herrscher sie später förderte. Es rührt uns, dass er 1768, mündig geworden, die „Lustreise“ von 1765 wiederholte, also Liebe zu Freiberg zeigte. Doch glaubwürdig zeichnet ihn Sabine Ebert als entschlusschwachen Monarchen, der trotz goldener Brücken der Alliierten nicht die Kraft fand, sich von Napoleon zu lösen – was Sachsen zur Kriegsbeute machte. Noch schlimmer ergeht es Napoleon, dem 1815 endgültig geschlagenen Kaiser der Franzosen. Viele Deutsche sahen ihn damals positiv (und, wie ich höre, gibt es immer noch Deutsche, die ihn positiv sehen), selbst Goethe fühlte sich geehrt, als der Kaiser geruhte, ihn in Erfurt eines Gesprächs zu würdigen. Sabine Ebert beschreibt atemberaubend zwei Schlüsselszenen der Biografie des großen Korsen: das lange Gespräch mit

Metternich in Dresden-Friedrichstadt, wo der belegte Satz fällt: „Ein Mann wie ich schießt auf das Leben einer Million Soldaten.“ und den Selbstmordversuch 1814 im Schloss Fontainebleau.

Mit Liebe aber schildert die Autorin u.a. den alten Feldmarschall Gebhard Leberecht von Blücher – und die vielen kleinen Leute, die die Romanhandlung tragen. Dabei gelingt ihr der Balanceakt, nicht in Schwarz-Weiß-Malerei zu verfallen. Das Buch trifft keine klare Unterscheidung in klar Gut und Böse: Man versteht, wie kompliziert die damalige Zeit war und warum die einzelnen Figuren glauben, richtig zu handeln.

Die Bergakademie kommt immer wieder vor, wenngleich am Rande. Bergstudenten sind wichtige Romanfiguren, die selbstverständlich freiwillig in den Krieg ziehen. (Einige ihrer Namen finden sich im Matrikelbuch.) Bücher Freiburger Professoren, in Freiberg gedruckt, werden erwähnt. Und der große Abraham Gottlob Werner ist immer wieder im Hintergrund präsent, es wird erzählt, dass er sich persönlich um die Pflege der Verwundeten und Kranken kümmerte. Ja, es war eine furchtbare Zeit damals! Ständig wechselnde Besetzungen Freibergs (Franzosen, Österreicher, Preußen und Russen), massenhaft Kranke und Verwundete, die in Scharen starben. Kein Wunder, dass man das 50. Jubiläum der Bergakademie 1816 nur ganz verhalten gefeiert hat.

Schockiert hat mich die Schilderung des Lützower Freikorps und des Wirkens unseres Theodor Körner. Absolut glaubhaft beschreibt Sabine Ebert diese so oft gepriesene Truppe als schlecht geführtes Freikorps mit mangelhafter Disziplin. (Ich habe mich informiert: Sie ist nicht die erste, die diese bittere Wahrheit nicht verschweigt.) Und Körner erscheint als doppelt tragische Figur, deren Tragik nicht nur in seinem frühen Tod zu sehen ist, sondern auch in der Erkenntnis seiner Rolle als Aushängeschild für eine militärisch schlecht geführte Unternehmung.

Den Freiburger Ingenieuren wird die Schilderung von Blüchers Rheinübergang bei Kaub zu Neujahr 1814 gefallen, der eindrucksvoll auf dem Bild von Camphausen dargestellt ist. Eine großartige Aktion!

Aber jetzt gehe ich zu sehr in die Einzelheiten. Auch wenn die beiden Bücher mehr mehr als 2000 Seiten umfassen, die Lektüre ist spannend und lohnend. Wie ein anderer Rezensent schrieb: ein großes Historienpanorama!

■ Dietrich Stoyan



Wilhelm Camphausen: Blüchers Rheinübergang bei Caub am 1. Januar 1814

Der Verein wünscht mit diesem Aquarell seines Mitglieds Dr. Peter Czolbe allen Lesern der ACAMONTA ein frohes Weihnachtsfest und ein gesundes neues Jahr 2017!



Hammerbrücke bei Halsbach, Aquarell, Peter Czolbe, 2004

Autorenverzeichnis

- Prof. Dr. Helmuth Albrecht, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Pál Árki, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Benjamin Aurich, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Katrin Bauer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Swanhild Bernstein, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Jan Beyer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. i. R. Dr. Klaus Bohmhammel, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Constance Bornkamp, VFF
- Matthias Brensing, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Michael Budnitzki, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Claudia Dommaschk, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. oec. habil. Margit Enke, TU Bergakademie Freiberg
- B.Eng. Moritz Fehlhaber, Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Tobias Fieback, TU Bergakademie Freiberg
- M.Sc. Anne Förster, Freiberg
- Franziska Gebhard, TU Bergakademie Freiberg
- M. Sc. Fabian Giebner, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Martin Gillo, Dresden
- Dr. Wolfgang Göthe, Freiberg
- Victor Gonzalez, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Grabow, Freiberg
- Doz. Dr.-Ing. habil. Klaus Graichen, Freiberg
- Prof. Dr. Diana Grosse, TU Bergakademie Freiberg
- M.Sc. Frederic Güth, TU Bergakademie Freiberg
- Friedrich Hanzsch, Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Heide, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. Johannes Heitmann, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. rer. nat. Brigitte Hoffmann, Oberschöna
- Dipl.-Wirt.-Ing. David Horner, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Andreas Horsch, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Frieder Jentsch, Chemnitz
- Prof. Dr. rer. nat. Yvonne Joseph, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Geol. Manuela Junghans, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. phil. Herbert E. Kaden, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Susanne Kandler, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Jana Kertzsch, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. rer. nat. Andreas Kluge, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Hartmut Krause, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Kretzschmar VFF
- Dipl.-Ing. Reiner Krönert, TU Bergakademie Freiberg
- Doz. Dr.-Ing. Walter Krüger, Freiberg
- Dipl.-Bibl. (FH) Angela Kugler-Kießling, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. Sven Kureti, TU Bergakademie Freiberg
- Harald Lachmann
- Ingrid Lange, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. David Lehninger, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Leineweber, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg
- Magister Torsten Mayer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. Monika Mazik, TU Bergakademie Freiberg
- Tim Meischner, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Robert Merkelbach, Lingen
- Prof. Dr.-Ing. Helmut Mischo, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Jochen Monecke, Freiberg
- Rico Morgenstern, TU Bergakademie Freiberg
- MMMag. Christof Morscher, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Thomas Mütze, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Michael Neumann, Nickelhütte Aue GmbH
- Lukas Ochmann, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. rer. nat. Michel Oelschlägel, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. rer. nat. Ronald Otto, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Urs A. Peuker, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Betriebswirt Thomas Pilz, Freiberg
- Marco Pospiech, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ind. Arch. Stefanie Preißler, VFF
- M. Sc. Toni Raabe, DBI – Gasttechnologisches Institut gGmbH Freiberg
- Dr. Simone Raatz, MdB Deutscher Bundestag
- Prof. Dr. Oliver Rheinbach, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. i. R. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Roewer, TU Bergakademie Freiberg
- Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Silvia Rogler, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Min. Götz-Peter Rosetz, Freiberg
- Jakob Sanders, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Christiane Scharf Helmholtz-Zentrum, Dresden-Rossendorf
- Dr.-Ing. Klaus Scheidig, Dresden
- Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Ernst Schlegel, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Alexander Schmid, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Reinhard Schmidt, Freiberg
- Dr. rer. nat. Frank Schneider, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Jörg W. Schneider, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. rer. nat. Simone Schopf, TU Bergakademie Freiberg
- M.Sc. Norman Schreiter, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. i. R. Dr. Gert Schubert, Freiberg
- Dipl.-Slaw. Birgit Seidel-Bachmann, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Harald Seifert, TU Bergakademie Freiberg
- Matti Seifert Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Heinz-Joachim Spies, TU Bergakademie Freiberg
- Ritika Srtivastava, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Eva-Maria Stange, Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst
- Prof. i. R. Dr. Dietrich Stoyan, TU Bergakademie Freiberg
- Associate Prof. Dr. Larysa Sysoyeva, Staatliche Universität Sumy, Ukraine
- Sina Tajik, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. habil. Marion Tichomirowa, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. rer. nat. Dirk Tischler, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Joachim Ulbricht, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Alfred Vogt, Dresden
- Dipl.-Archiv. Roland Volkmer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Olena Volkova, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. i. R. Dr. habil. Rainer Vulpius, Brand-Erbisdorf
- Prof. Dr. rer. nat. habil. Steffen Wagner, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. i. R. Dr.-Ing. Manfred Walde, Freiberg
- Ulf Walther, TU Bergakademie Freiberg
- Anja Weigl, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
- Caroline Weller, TU Bergakademie Freiberg
- Dr.-Ing. Jürgen Weyer, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Wi.-Inf. Alexander Winterstein, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. Gotthard Wolf, TU Bergakademie Freiberg
- Julia Wolfram, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Kristina Wopat, TU Bergakademie Freiberg

Herausgeber: Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V. und der Rektor der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.

Geschäftsführender

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Kretzschmar

Postanschrift: Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V., 09596 Freiberg

Geschäftsstelle: Nonnengasse 22, 09599 Freiberg

Telefon: +49 (0)3731 39-2559, 39-2661

Fax: +49 (0)3731 39-2554

E-Mail: freunde@zv.tu-freiberg.de

Internet: <http://tu-freiberg.de/vereine/vff/index.html>

Jahresbeitrag: 30 EUR Einzelmitglieder; 250 EUR juristische Mitglieder

Redaktionsleitung: Prof. Dr. Gerhard Roewer

Redaktionskollegium: Prof. Dr. Helmuth Albrecht, Dr.-Ing. Klaus Irmer, Dr. Herbert Kaden, Dipl.-Slaw. Birgit Seidel-Bachmann, Prof. Dr. Peter Seidelmann, Prof. Dr. Steffen Wagner

Gestaltung/Satz: Brita Gelius

Druck: Erzdruk GmbH, Marienberg

Auflage: 1.800

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Herausgeber und der Redaktion wieder. Keine Haftung für unverlangt eingesandte Manuskripte. Die Autoren stellen die Beiträge honorarfrei zur Verfügung. Auszugsweiser Nachdruck von Beiträgen bei Angabe von Verfasser und Quelle ist gestattet. Im Sinne der Wünsche von Autoren und Lesern nach detaillierterer Information hat das Redaktionskollegium eine relativ hohe Anzahl von Quellenangaben für einzelne Beiträge akzeptiert. Die Art der Literaturzitation wurde aufgrund der unterschiedlichen Fachgebiete dabei jeweils den Autoren überlassen.

Männliche/weibliche Form: Aus Gründen der Vereinfachung und besseren Lesbarkeit ist in den Beiträgen gelegentlich nur die männliche oder die weibliche Form verwendet worden. Wir bitten, fehlende Doppelnennungen zu entschuldigen.

© Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V., 2016
ISSN 2193-309X