



ACAMONTA

Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg

21. Jahrgang 2014 · Ausgabe zum 250. Jahrestag der Gründung der Bergakademie

Editorial

Im Jahr 2015 begeht die Bergakademie Freiberg – »Die Ressourcenuniversität. Seit 1765« – den 250. Jahrestag ihrer Gründung. Anlässlich dieses Jubiläums präsentieren die Mitglieder und Studenten wie auch die Freunde und Förderer unserer Universität, der ältesten montanwissenschaftlichen Hochschule der Welt, mit Beiträgen in unserer ACAMONTA-Festausgabe eine eindrucksvolle Bilanz ihrer Leistungen bei der Erfüllung ihres gesellschaftlichen Auftrags an dieser unverwechselbar profilierten, international hochangesehenen Bildungs- und Forschungsstätte. Sie schließen dabei Nach- und Feinjustierungen ihres Schwerpunkttableaus, das ja auch zukünftigen Herausforderungen gerecht werden muss, selbstverständlich nicht aus.

An den diversen Beiträgen erkennt der Leser die hohe Kompetenz unserer Universität, die auf überzeugenden Konzepten rohstoffstrategischen Vorausdenkens – durchdrungen vom Leitgedanken der Nachhaltigkeit – basiert. Sie zeugen von ambitionierten Aktivitäten zur Lösung drängender Fragen der Rohstoffsicherung – im Lichte des »Glanzes der Metalle und Minerale«. Die Leistungen werden getragen von zukunftsfähigen Ideen und Innovationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Georohstoffe. Sie orientieren sich am Profil der TU mit den Linien »Geo – Energie – Material – Umwelt«, dessen Kern bereits den Gründungsgedanken der Bergakademie bestimmt hat. Ihm entsprechend waren die Grundzüge der aktuell von den sechs Fakultäten abgebildeten Wissenschaftsgebiete schon kurz nach der Universitätsgründung angelegt und sind heute über die Profillinien interdisziplinär miteinander vernetzt. Das universitätseigene Forschungs- und Besucherbergwerk bietet als weltweit wohl einzigartiges, untertätiges »Labor« für Forschung und Lehre unikale Arbeitsmöglichkeiten im Sinne des genannten Profils und einer fachspezifischen Ausbildung.

Die Effizienz der Lehr- und Forschungstätigkeit an der TU Bergakademie Freiberg wird verstärkt durch intensive, national wie international ausgerichtete Kooperation mit zahlreichen Partnern aus der Industrie sowie mit Hochschulen und einschlägigen Forschungsinstituten. Ein besonderes Gewicht haben dabei die strategischen Partnerschaften mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und dem noch jungen Helmholtz-Institut Freiberg. Die von unserer TU gemeinsam mit der Bergbauuniversität St. Petersburg initiierte Gründung des Weltforums der Rohstoffuniversitäten für Nachhaltigkeit – gerichtet auf die Implementierung dieses Prinzips entlang der gesamten Wertstoffkette – ist ein für die zukünftige Orientierung von Lehre und Forschung an der Bergakademie wegweisendes Ereignis und macht unsere Alma Mater erst recht zu einem »glänzenden« Wissenschaftsstandort in Rohstofffragen. Diese Erwartung wird auch durch die Beiträge namhafter Autorenpersönlichkeiten aus Politik und Wirtschaft bekräftigt.

Das Redaktionskollegium von ACAMONTA dankt allen Autoren und deren Helfern, die mit ihren Beiträgen das Anliegen dieses Festbandes unterstützt haben.

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

Vorwort des Rektors (B. Meyer) 4

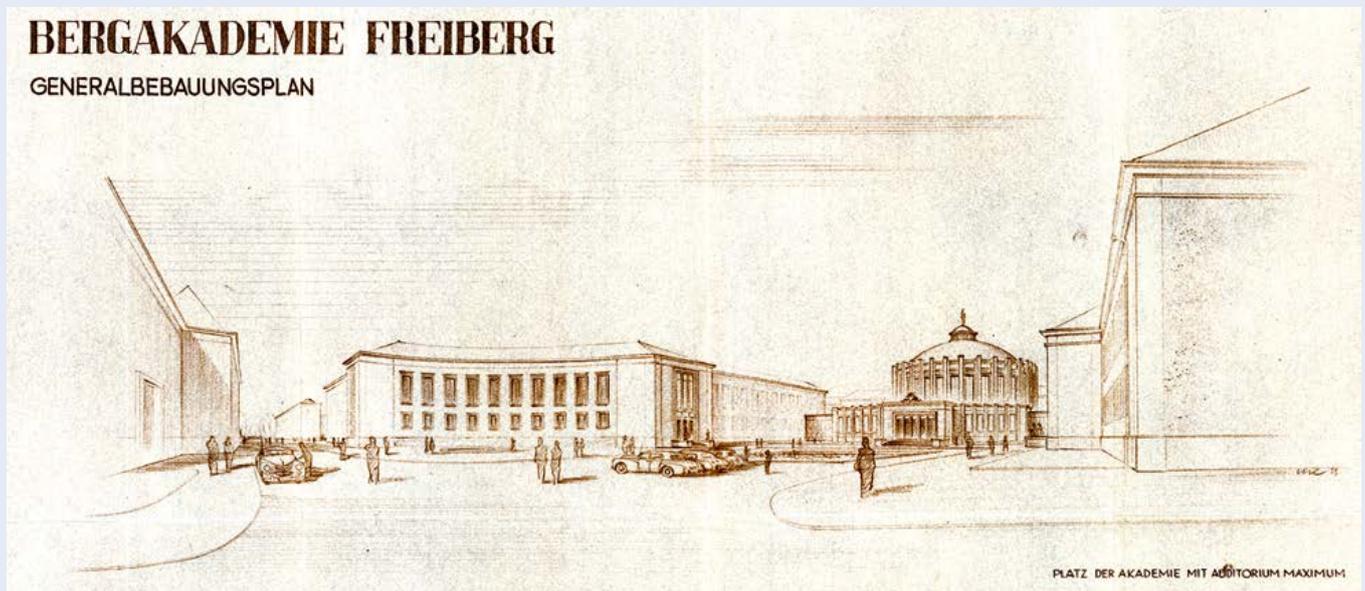
250 Jahre Bergakademie Freiberg: Zum Geleit
 TU Bergakademie Freiberg – Die Ressourcenuniversität.
 Seit 1765. (B. Meyer, A. Wulkow) 5

Der TU Bergakademie Freiberg auf den Weg – Gruß- und
 Geleitworte für die Jubiläumsausgabe der ACAMONTA
 anlässlich 250 Jahren Gründung der Bergakademie. 9

Strategische Partnerschaften
 Die Stadt und ihre Universität (B.-E. Schramm) 15
 Die Bergakademie Freiberg – Geschichte und Ausblick
 aus der »väterlichen« Sicht des Sächsischen Oberbergamtes
 (B. Cramer, R. Schmidt). 16
 Strategische Partnerschaft BGR – TU Bergakademie Freiberg
 (H.-J. Kämpel) 19
 Kooperationspartnerschaft: Die Helmholtz-Gesellschaft und die
 TU Bergakademie (B. Meyer, R. Sauerbrey, J. Gutzmer) ... 20

Innovationskette der Werkstoffe –
 Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie. . 92
 Entwicklungsperspektiven der Fakultät für
 Wirtschaftswissenschaften, insbesondere
 Internationale Ressourcenwirtschaft. 110
 Virtuelle Fakultät proWissen: Raum für die Entwicklung
 und Bündelung zusätzlicher Bildungsangebote 129

Ressourcenuniversität TU Bergakademie Freiberg:
Aus Lehre und Forschung
 Lehre und Forschung entlang der Wandlungskette
 fossiler Energieträger und Energierohstoffe
 (B. Meyer, C. Drebenstedt, M. Amro) 132
 Spinellbildende, kohlenstoffgebundene Filter mit
 kombinierten aktiven und reaktiven Funktionshöhlräumen
 (M. Emmel, C. G. Aneziris, U. Fischer) 135
 Schließung von Stoffkreisläufen (H. Gutte, H.-G. Jäckel,
 A. Brumme, D. Rübhelke, B. Meyer) 138



Ressourcenuniversität TU Bergakademie Freiberg
 Lehre an der TU Bergakademie Freiberg:
 Theoria cum praxi (S. Rogler, S. Preiss) 24
 Von der Idee bis zur technischen Erprobung:
 Forschungsstrategie, -linien und -kooperation (B. Merkel) ... 27
 Die TU Bergakademie Freiberg – geistiges Zentrum
 in der Wissenschaftsregion Freiberg
 (D. C. Meyer, T. Lemser, B.-E. Schramm, V. Uhlig). 29
 Internationalisierung der TU Bergakademie Freiberg
 (C. Drebenstedt). 32

Ressourcenuniversität TU Bergakademie Freiberg:
Die Fakultäten
 Fakultät für Mathematik und Informatik –
 Methodenkompetenz für die Ressourcenuniversität 38
 Von der Ressource zum Material –
 Fakultät für Chemie und Physik 50
 Mit der Erde leben –
 Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau ... 62
 Fest verankert im Ressourcenprofil der Universität –
 Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik .. 78

Das Freiburger Biohydrometallurgische Zentrum (BHMZ) –
 ein Promotionskolleg der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung
 (M. Schlömann) 140
 Das Forschungs- und Lehrbergwerk (FLB)
 der TU Bergakademie Freiberg (H. Mischo) 147

Ressourcenuniversität TU Bergakademie Freiberg: Aktuelles
 250 Jahre bauliche Entwicklung der Bergakademie
 im Zeitraffer (A. Handschuh) 151
 Education, Investigation, Inspiration: Die Sammlungen
 der TU Bergakademie Freiberg
 (J. Zaun, G. Heide, A. Massanek, A. Dziwetzki) 158
 Studentische Mitgestaltung des Universitätslebens
 (M. Schächinger) 162
 Zwischenbilanz zum Projekt »Maßnahmen für
 erfolgreiches Studieren an einer international orientierten
 Ressourcenuniversität« (D. C. Meyer, T. Lemser) 163
 Drei Jahre Deutschlandstipendium an der
 TU Bergakademie Freiberg (D. C. Meyer, T. Lemser) 166
 Bergakademie Mitglied des Russisch-Deutschen Labors
 an der Photonenquelle BESSY II des Helmholtz-Zentrums
 Berlin (D. C. Meyer, T. Lemser) 168

Internationale Tagungen effizient vorbereiten und erfolgreich abhalten (D. C. Meyer, T. Lemser, C. Baldauf) 169

Körper & Kultur: Sport und Musik an unserer Universität:
Glücksfälle, Glückspilze und Glücksschmiede (B. Eulitz) . . . 170

Musikkultur an der Bergakademie seit 1948
(C. Kallmeier, U. Pöschmann) 171

Ein »Jazz Auf!« den Begründern der Freiburger Jazztage
(T. Schmalz) 173

Von der Montangeschichte zur Industriekultur: Traditionspflege,
Wissenschaftsgeschichte und technische Denkmalpflege
an der Bergakademie Freiberg (H. Albrecht) 174

**Ressourcenuniversität TU Bergakademie Freiberg:
Förderer und Freunde**

Förderer der Bergakademie: Stiftungskultur seit Anbeginn
(D. C. Meyer, T. Lemser) 178

Günter Heinisch – leidenschaftlicher Mineraliensammler
und edler Spender für die TU Bergakademie

Historie

Meine Beziehung zur Bergakademie (B. Barchański) 198

Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier (1738–1805) –
ein Mathematiker als erster Professor im Hauptamt
der Bergakademie. Teil 1 (K. Richter) 199

Ehemaligen-Treffen der Studentengemeinden
an der TU Bergakademie (F. Häfner) 201

Chronik 2015 (R. Volkmer, N. Pohl) 202

250. Gründungsjubiläum der Bergakademie Freiberg

Festprogramm, Stand August 2014 (J. Bast, C. Baldauf) 203

Buchpublikationen zum Fest:
Die Freiburger Eisenhüttenkunde (B. Lychatz) 207

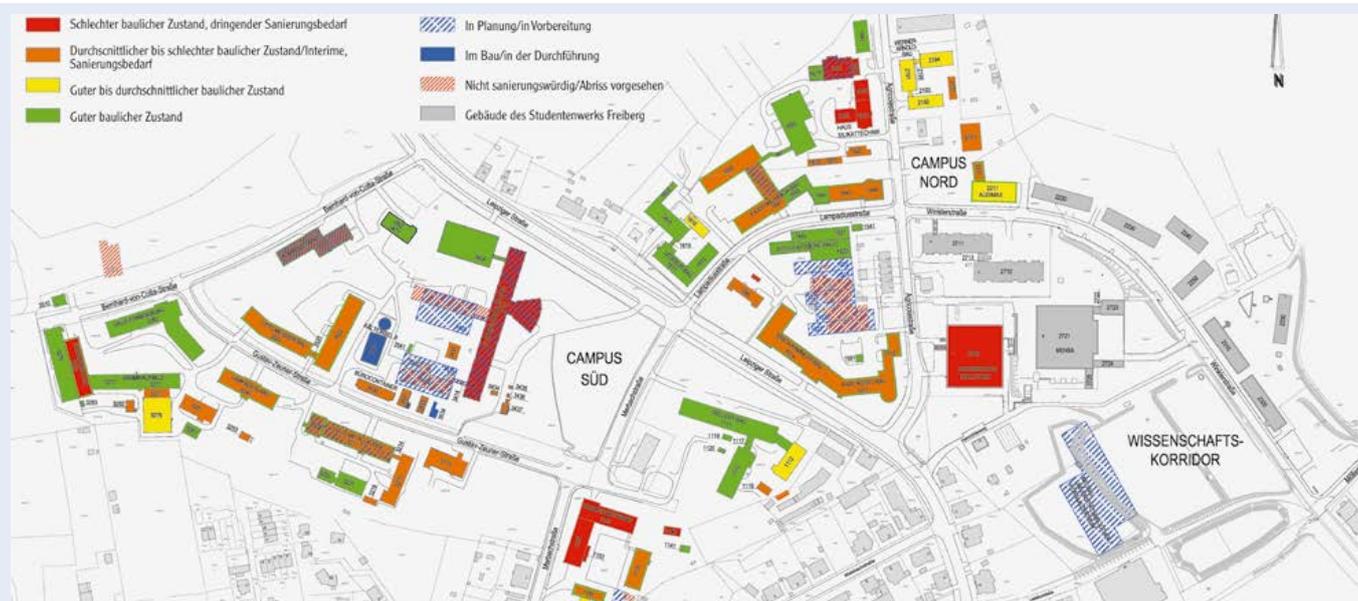
Catalogus Professorum Fribergensis (H. Kaden) 208

Bergakademische Geschichten 208

Die Bergakademie: 250 Jahre Alma Mater Fribergensis
(H. Albrecht) 209

Glanzlichter der Forschung (U. Groß) 209

Schätze der Bergakademie (J. Zaun) 209



(A. Massanek, W. Mergner, H.-J. Kretzschmar) 180

Der Förderverein – Säule und Brücke unserer Universität
(H.-J. Kretzschmar, S. Preißler) 182

Aus dem Vereinsleben

Neuer Vereinsvorstand 186

Jahresbericht Freiburger Alumni Netzwerk 2013/14
(S. Preißler, C. Bornkamp) 186

Werner-Grabmal (H.-J. Kretzschmar, C. Bornkamp) 187

Geschenk des VFF zum 250. Geburtstag 187

Bernhard-von-Cotta-Preis 2013:
Synthese und Charakterisierung neuartiger
(μ -S,N)-verbrückter Zinn-Übergangsmetall-Komplexe
der Nickel-Triade (E. Wächtler) 188

Stoff-Kraft-Kopplung in kohlebasieren
Polygeneration-Konzepten (R. Pardemann) 190

Datenübertragung in Bohrlöchern – eine Spezialität
der TU Bergakademie Freiberg (M. A. Namuq, M. Reich) . . 192

Auslandsstudium in Taiwan (N. Müller) 194

Pre-Salt – oder was? (Bohrtechnikstudenten) 195

Studieren am Ural (H. Wagler, M. Brensing) 196

Personalia

Prof. em. Dr.-Ing. Alfred Neumann im 97. Lebensjahr
verstorben (D. Slaby, P. Hauk) 210

Nachruf für Prof. Dr. sc. techn. Werner Heeg (F. Häfner) 210

Wir trauern um unsere Vereinsmitglieder 211

Nachruf zum Tod von Prof. Dr. Friedhelm Heinrich
(H. Konietzky) 212

Impressum 212

Geburtstage unserer VereinsmitgliederSonderbeilage



Sehr geehrte Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg,

2015 feiert die TU Bergakademie Freiberg ihr 250. Gründungsjubiläum. In diesem besonderen Jahr hüllt sich auch die ACAMONTA, die Zeitschrift der Freunde und Förderer der Bergakademie, in ein ganz besonderes Gewand. Vor Ihnen liegt die Jubiläumsausgabe, die gewohnt facettenreich und detailliert die Universität und ihre vielen Partner in den Mittelpunkt rückt. Neben zahlreichen prominenten Beiträgen geht es um die 250-jährige Historie der Bergakademie, um die Beziehungen zu Stadt und Land, um wichtige Kooperationen, Aspekte der Internationalisierung und Forschungsthemen. Der größte Platz wurde in diesem Jahr aber denen eingeräumt, die unsere Universität zu dem machen und gemacht haben, was sie heute ist: die einzelnen Fakultäten mit ihren Instituten und die zentralen Einrichtungen. Sie stellen sich auf knapp 100 Seiten mit ihren Studiengängen und Forschungsprojekten vor. Mit diesem Inhalt findet die ACAMONTA ihren Platz in der Reihe der Festbände, die im Rahmen des Universitätsjubiläums veröffentlicht werden. Dazu zählen eine Darstellung der Gesamtgeschichte der Universität von Helmuth Albrecht, eine Beschreibung der aktuellen Leistungsfähigkeit der Institute der Bergakademie, herausgegeben von Ulrich Groß, die Geschichte der Freiburger Eisenhüttenkunde, detailliert geschildert vom Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e.V. als Herausgeber, eine Sammlung von Erzählungen zur Geschichte der Universität, zusammengetragen von Dietrich Stoyan, ein Bildband, der die Schätze der Sammlungen der Bergakademie zeigt, herausgegeben von Jörg Zaun, und der Catalogus Professorum Freibergensis (Universitätsarchiv).

Traditionell spiegelt die ACAMONTA auch das Universitätsjahr wider. Das begann international und prominent besetzt mit der Eröffnung des Lomonossow-Hauses, einem deutsch-russischen Studienhaus für Wissenschaftler und Studierende, das Begegnung und Austausch auch auf Länderebene fördert. Weitere Studienhäuser sind bereits in Planung. Mit dem Besuch des vietnamesischen Ministers für Industrie und Handel, dem chinesischen Botschafter, einer neuen Auflage des Weltforums der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit in Leoben sowie zahlreichen neuen internationalen Forschungsk Kooperationen haben wir den weltweit ausgezeichneten Ruf der Bergakademie wieder bestätigt. Die Verleihung der Ehrenpromotion – der höchsten wissenschaftlichen Ehrenbezeugung, die eine Universität vergeben kann – an Prof. Wladimir Litwinenko, Rektor der Petersburger Bergbau-Universität, an Michelle Bachelet, chilenische Staatspräsidentin, und an Frau Erika Krüger sind weitere wichtige Ereignisse, die unsere Ausstrahlungskraft international stärken. Und das macht sich bemerkbar: Rund 20 Prozent der neuen Studienanfänger in diesem Jahr haben ausländische Wurzeln. Erstmals sind zehn mosambikanische Stipendiaten über ein spezielles Regierungsprogramm zu uns nach Freiberg gekommen. Den entsprechenden Vertrag hatte ich in Maputo mit unterzeichnet.

Die Anziehung der TU Bergakademie Freiberg wächst stetig – besonders natürlich auch durch die guten Studienbedingungen und die gute Betreuung vor Ort. In diesem Jahr konnten wir gleich zwei wichtige bauliche Großprojekte erfolgreich abschließen. Mit dem Haus Formgebung und dem Laborneubau am Winkler-Bau stehen unseren Studierenden und Mitarbeitern hochmoderne Infrastruktur und beste Voraussetzungen für Forschung und Lehre zur Verfügung. Mit dem Richtfest am Schloßplatzquartier im September folgt das nächste Projekt auf dem Fuße. Daneben laufen die Vorbereitungen des Jubiläumsjahres weiter auf Hochtouren. Am 6. März werden wir das Festjahr feierlich mit der Einweihung des Historicums einläuten. Es geht weiter mit historischen und wissenschaftlichen Vorträgen, den bergakademischen Studententagen, der Jubiläums-Nacht der Wissenschaft bis zum großen Höhepunkt: dem Festakt anlässlich der Gründung der Bergakademie am 21. November 1765. Und pünktlich zu unserem Jubiläum trägt Freiberg den Titel Universitätsstadt.

Mein Dank gilt den Machern der ACAMONTA, insbesondere Herrn Prof. Gerhard Roewer, der wie auch in den vergangenen Jahren unzählige Stunden damit verbrachte, Autoren anzusprechen, die Artikel einzufordern und zu redigieren, sowie den Autoren, der Redaktion und Frau Brita Gelius für Satz und Layout. Ich freue mich sehr, dass wir gemeinsam mit dieser besonderen Ausgabe so eine vielschichtige und interessante Festschrift gestalten konnten. Ich danke auch allen Studierenden, wissenschaftlichen Mitarbeitern und Professoren, die mit ihrem Engagement, ihren Forschungsprojekten und Expertisen unsere Universität Jahr für Jahr voranbringen. An dieser Stelle möchte ich auch unsere Alumni, Stiftungen, Stifter, Sponsoren, Kooperationspartner und den Verein der Freunde und Förderer hervorheben – dank ihrer tatkräftigen Unterstützung werden wir auch in den kommenden Jahren sehr gut aufgestellt sein. Ich blicke mit Freude und Stolz auf das, was wir zusammen erreicht haben – und wünsche uns allen ein aufregendes, ereignisreiches und denkwürdiges Jubiläumsjahr 2015 sowie eine anregende Lektüre der ACAMONTA.

*Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer
Rektor der TU Bergakademie Freiberg*



Luftaufnahme: Detlev Müller

- 2010**
 Technische Universität
 Bergakademie Freiberg
 Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.
- 1993**
 Technische Universität
 Bergakademie Freiberg
- 1952**
 Bergakademie Freiberg
- 1945**
 Bergakademie Freiberg i. Sa.
- 1933**
 Bergakademie Freiberg
- 1919**
 Königlich-Sächsische bzw. Königliche
 Bergakademie zu Freiberg
- 1806**
 Sächsische Bergakademie
- 1766**
 Kurfürstlich-Sächsische Bergakademie
- 1765**
 Berg-Akademie

Teil des Campus der TU Bergakademie Freiberg (Bereich Leipziger Straße, Agricola- und Winklerstraße)

Die Namen der Bergakademie im Verlauf ihrer Geschichte

TU Bergakademie Freiberg

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765. nachhaltig! glänzend! neu!

Bernd Meyer, Annett Wulkow

Namen verraten vieles. Warum sollte es bei einer so alten und renommierten Einrichtung wie der TU Bergakademie Freiberg anders sein? Seit ihrer Gründung vor 250 Jahren trägt sie den Namen Bergakademie, eingebettet in sich wandelnde Namensformen. Was mit den Namen Berg-Akademie oder Kurfürstlich-Sächsische Bergakademie begann, ist seit 1993 die Technische Universität Bergakademie Freiberg (Abb. oben rechts). 2010 gab sie sich den Namenszusatz »Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.«. Und vielleicht trägt sie in Zukunft einmal den Namen Technische Bundesuniversität Bergakademie Freiberg?! Der vorliegende Beitrag möchte auf die Entwicklung bis heute näher eingehen.

Die Gründung der Bergakademie, der ältesten montanwissenschaftlichen Hochschule der Welt, erfolgte nach dem Ende des Siebenjährigen Krieges. Sachsen lag damals wirtschaftlich am Boden. Doch das Land war dringend auf Fachkräfte im Berg- und Hüttenwesen angewiesen, um die heimischen Rohstoff-

fe besser auszubeuten. So wurde der Vorschlag von Friedrich Anton von Heynitz, sächsischer Generalbergkommissar und Mitglied der Landesökonomie-, Manufaktur- und Kommerziendeputation, und dem Freiburger Oberberghauptmann Friedrich Wilhelm von Oppel, eine geometrische Zeichenschule sowie eine metallurgische und chemische Schule in Freiberg einzurichten, vom Prinzregenten Xaver gern aufgegriffen. Bereits ein halbes Jahr nach Einreichen des Gesuchs konnten im Mai 1766 die Vorlesungen beginnen – es war die Geburtsstunde der »Berg-Akademie«. Wenig später schreibt Goethe: »... die Akademie in Freiberg wirkte mächtig auf Sachsen, auf Deutschland ...«.¹

Die Gründungsväter gaben der Bergakademie ein in sich schlüssiges und die Zeit überdauerndes Profil, das auch in Zukunft Bestand haben wird. Die seit 1994 in sechs Fakultäten abgebildeten Wissenschaftsgebiete wurden in ihren

¹ Goethe, J. W. von: Zur Naturwissenschaft überhaupt. Band I. Heft 1 (1817), S. 35

Grundzügen bereits kurz nach der Gründung angelegt. Als die Ressourcenuniversität für eine nachhaltige Stoff- und Energiewirtschaft widmet sich die TU Bergakademie Freiberg heute als einzige Technische Universität in Deutschland der Lehre und Forschung entlang der gesamten Wertschöpfungskette den Rohstoffen. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung für die deutsche Wirtschaft. Ein Alleinstellungsmerkmal der TU Bergakademie Freiberg ist ihre eigene Bergwerksanlage, die der Forschung und der fachspezifischen Ausbildung der Studierenden und des Führungsnachwuchses dient. Die Möglichkeit, ein universitätseigenes Forschungsbergwerk zu nutzen, ist in dieser Form weltweit einmalig.

Das Modell und die Lehrinhalte der Bergakademie waren und sind Vorbild für die Gründung vergleichbarer Montanhochschulen in Deutschland (u. a. Bergakademie Berlin 1770, heute TU Berlin; Bergakademie Clausthal 1775,

heute TU Clausthal) und in zahlreichen Ländern auf vier Kontinenten. Nach Freiburger Vorbild wurden u. a. die weltweit zweitälteste Bergbauuniversität in St. Petersburg 1773 und die Universität Akita 1910 in Japan gegründet. Ganz aktuell werden Freiburger Curricula im *German-Mongolian Institute for Resources and Technology* in Ulan Bator implementiert.

Drei zentrale Werte

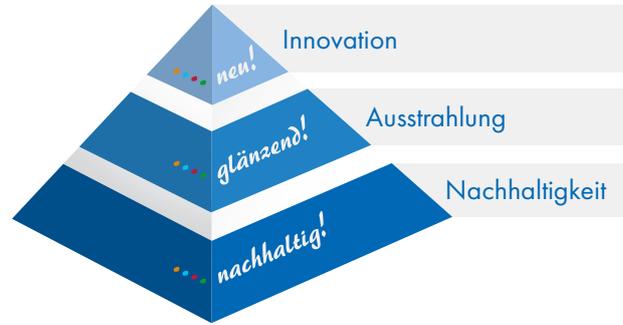
Drei Werte haben das Programm der Bergakademie erfolgreich und nachahmenswert gemacht: Nachhaltigkeit, Ausstrahlung und Innovation. Forschung und Lehre im Ressourcenprofil folgen dabei der Leitidee der Nachhaltigkeit. Dieser Begriff wurde vom Freiburger Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz (1645–1714) in dem 1713 erschienenen Werk *Sylvicultura Oeconomica* angesichts des drohenden Holz Mangels erstmals wie folgt formuliert: »... daß es eine *continuirliche beständige und nachhaltige Nutzung gebe, weilm es eine unentbehrliche Sache ist, ohne welche das Land in seinem Esse* [in seinem Wesen] *nicht bleiben mag.*«²

Ihre internationale Ausstrahlung verdankt die Bergakademie der Anziehungskraft des Ressourcenprofils, deren Wesen in dem Sinnspruch »Von glänzenden Mineralen zu geschliffenen Ideen« zum Ausdruck kommt. Und nicht zuletzt ist es der Innovationsansatz, der seit Anbeginn in allen Bereichen von Forschung und Lehre, von der Theorie bis zur technisch nahen Erprobung – gemäß dem Leibnizschen Wissenschaftsmotto »Theoria cum Praxi« – verfolgt wird.

.... nachhaltig!

Nachhaltigkeit ist der innere Anker des Ressourcenprofils, des Wissenschaftsprofils der nationalen Ressourcenuniversität. Es folgt dem Leitgedanken der nachhaltigen Entwicklung mit den gleichberechtigten Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales.

Das Ressourcenprofil richtet die wissenschaftliche Lehre und Forschung im Bereich der nachhaltigen Stoff- und Energiewirtschaft entlang der Rohstoff-Wertschöpfungskette aus. Diese umfasst den kompletten Kreislauf der natürlichen Georohstoffe, der bei der Erkundung



Die drei zentralen Werte

beginnt, sich über die Gewinnung, Aufbereitung und Veredelung beziehungsweise die Verarbeitung fortsetzt und mit dem Schließen der Wertstoffkreisläufe, dem Recycling, endet. Daraus lassen sich die vier Profillinien Geo, Material, Energie und Umwelt (GEOMATENUM) ableiten. Die Wissenschaftsgebiete Mathematik und Informatik, die Natur-, die Ingenieur-, die Werkstoff- und die Wirtschaftswissenschaften sind über die Rohstoff-Wertschöpfungskette und die Profillinien miteinander vernetzt.

Im Laufe der Geschichte erfuhr das Profil der Bergakademie immer wieder Anpassungen an die sich weiterentwickelnden Wissenschaftsdisziplinen und an die Anforderungen von Wirtschaft und Verwaltung. So gab es in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zahlreiche administrative Veränderungen, die sich auch auf das Profil auswirkten. 1860 etwa wurde das Abschlusszeugnis mit der Bezeichnung »Staatsprüfung« eingeführt, 1869 übernahm ein dreiköpfiges Direktorium die Leitung der Akademie – zuvor hatte diese Aufgabe das Oberbergamt inne – und 1871 brachten die Zeunerschen Reformen eine spürbare Erneuerung des Lehrbetriebs mit sich. Auch das wissenschaftliche Profil der

Bergakademie wurde verändert und um die Bereiche Kohle, Eisen und Stahl erweitert. Kurz vor der Jahrhundertwende führte man im Jahr 1899 das Wahlrektorat ein; der erste Rektor war Adolf Ledebur. In den folgenden Jahren konnten sich weitere Fachgebiete etablieren, wie beispielsweise der Braunkohlenbergbau, die Eisenhüttenkunde, die Salinenkunde und die Geophysik. Zugleich stiegen die Studentenzahlen, die jedoch ab 1935 drastisch zurückgingen. Fünf Jahre später (1940) erfuhr das Profil der Bergakademie eine erneute Veränderung. Es erfolgte die Aufgliederung in zwei Fakultäten: eine für Naturwissenschaften und Ergänzungsfächer und eine für Bergbau- und Hüttenwesen.

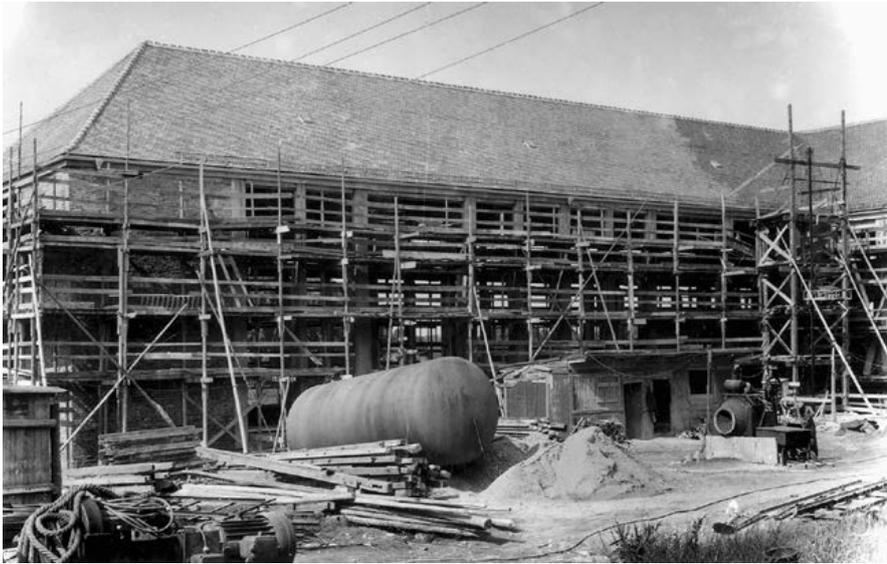
Nach dem Zweiten Weltkrieg konnte der Lehr- und Forschungsbetrieb schnell wieder aufgenommen werden. Ein Großteil der »Hochschulstadt« mit neuen Instituts- und Laborgebäuden entstand in Rekordzeit entlang der Leipziger Straße. Zugleich wurden die Fachgebiete weiter differenziert, die Hochschule bekam mehr Personal, auch das Lehrangebot vergrößerte sich mit der Einführung neuer Studiengänge.

Mit der Wiedervereinigung wurde die Bergakademie Freiberg in das westdeut-



Das Ressourcenprofil der TU Bergakademie Freiberg

2 Hannß Carl von Carlowitz, (1645–1714, Oberberghauptmann in Freiberg von 1711 bis 1714): SYLVICULTURA OECONOMICA. Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung Zur Wilden Baum-Zucht. (1713), S. 105–106



Neubau der Versuchshalle Bergmaschinenkunde 1959

sche Hochschulsystem eingegliedert und als erste ostdeutsche Hochschule Mitglied der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Im März 1993 bekam sie den Status einer Technischen Universität zuerkannt. Das Lehrprofil der Universität, das sich bereits damals der Ressourcenthematik in ihrer Gänze widmete, konnte sich auch deutschlandweit durchsetzen. Überzeugend waren die modernen, vernetzten Ausbildungsinhalte in den Studiengängen, in denen sich die zukünftigen Fach- und Führungskräfte mit besten Karrierechancen in allen Bereichen der Wirtschaft und Verwaltung ihr Wissen aneignen konnten. Nach dem kurzzeitigen Rückgang der Studierendenzahlen um 1990 (1993: knapp 2.000 Studenten) kam es rasch zu deren kontinuierlichen Anstieg. Derzeit studieren knapp 5.700 Studenten in Freiberg, davon sind 13 Prozent ausländischer Herkunft.

Die TU Bergakademie Freiberg genießt heute als Profiluniversität national und international höchste Wertschätzung. Traditionell pflegt sie mit Russland, Osteuropa und Zentralasien enge Kooperationen im Rohstoffbereich. Intensive Beziehungen gibt es zu den Rohstoffpartnerländern Deutschlands: der Mongolei, Kasachstan und Chile. Auch die ehemals enge Zusammenarbeit mit Vietnam oder Ländern Afrikas wird wieder intensiviert. Ein Höhepunkt in der jüngsten Geschichte (2006) war die Gründung des Deutsch-Russischen Rohstoffforums – einer Dialogplattform zur Entwicklung von Strategien für die effektive Nutzung fossiler, mineralischer und alternativer Rohstoff-Ressourcen. Sechs Jahre später – im Jahr 2012 – gründeten



Enge Verbindungen zu Russland: Am 11. Juni 2014 erhielt Wladimir Litwinenko, Rektor der St. Petersburger Bergbauuniversität, die Ehrendoktorwürde der TU Bergakademie Freiberg

die beiden Initiatoren des Forums, die TU Bergakademie Freiberg und die Bergbauuniversität St. Petersburg, mit dem Weltforum der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit (WFURS) ein internationales Netzwerk, das sich der Implementierung des Prinzips der nachhaltigen Entwicklung entlang der gesamten Wertschöpfungskette widmet. Im Bereich der Lehre ist die International University of Resources (IUR) hervorzuheben, in der die TU Bergakademie Freiberg mit vier anderen europäischen Montanuniversitäten – Dnepropetrowsk (Ukraine), Krakow (Polen), Leoben (Österreich) und St. Petersburg (Russland) – eng zusammenarbeitet.

.... glänzend!

Die TU Bergakademie Freiberg ist weltweit vernetzt und verfügt im Rohstoffsektor über eine weitreichende, internationale Ausstrahlung. Ihre Anziehungskraft beruht auf Kompetenz und Exzellenz, aber auch auf Stabilität, Identität und Identifikation. Insgesamt verdankt die Bergakademie ihre Aus-

strahlung der Attraktivität ihres Ressourcenprofils. An der Universität verbindet sich die Kreativität zur Lösung drängender Fragen der Rohstoffsicherung mit dem »Glanz der Metalle und Minerale«. Die Wissenschaftler aller Fachbereiche sind an der Entwicklung von Lösungen für eine nachhaltige Wertschöpfung beteiligt. Somit können Rohstoffe und ökologische Ressourcen – vernetzt über die Wertschöpfungskette – so effizient wie möglich eingesetzt werden. Damit stellt sich die TU Bergakademie Freiberg auch einer der aktuell größten Herausforderungen im Rohstoffbereich: der Globalisierung der Rohstoffwirtschaft und der damit verbundenen internationalen Aufstellung Deutschlands im Rohstoff- und Energiebereich. Denn Deutschland ist als Hochtechnologieland in besonderem Maße auf Rohstoffimporte angewiesen.

Die Anziehungskraft der regional begründeten, national und international vernetzten Ressourcenuniversität als weltweit anerkannter Wissenschaftsstandort in Rohstofffragen zeigt sich darin, dass Spitzenwissenschaftler, Studierende sowie Aus- und Weiterzubildende aus aller Welt in Freiberg studieren und forschen. Marksteine auf diesem Weg in jüngster Zeit sind und waren u.a. die Ansiedlung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie im Jahr 2011, die Konzipierung einer Deutsch-Russischen Ressourcen-Institution sowie deren Einbindung in ein national und international beachtetes Zentrum, das die Aktivitäten der deutschen Partner in Bildung, Weiterbildung, Beratung und Forschung bündelt.

Doch nicht nur heute, sondern bereits seit ihrer Gründung zog die Bergakademie berühmte Wissenschaftler an, die sie prägten und die ihr Glanz verliehen. Der wohl bedeutendste Lehrer der Bergakademie ist Abraham Gottlob Werner (1749–1817) – der Begründer der Geognosie, der Lehre von der Struktur und dem Bau der festen Erdkruste, des Vorläufers der Geologie. Er erarbeitete die Grundlagen, auf denen sich Mineralogie und Lagerstättenlehre als eigenständige Disziplinen entwickeln konnten. Dabei zog Werner so bedeutende Persönlichkeiten, wie Alexander von Humboldt, Franz Xaver von Baader, Leopold von Buch, Friedrich Mohs, Robert Jameson und Friedrich von Hardenberg, als Dichter bekannt unter dem Namen Novalis (1772–1801), an. Letzterer studierte von Ende 1797 bis Mai 1799 an der Bergakademie. Zwischen Vorlesungen, Exkursi-



Friedrich Anton von Heynitz, Abraham Gottlob Werner, August Wilhelm Lampadius, Clemens Winkler, Novalis (v.l.)

onen und Schichten untertage schrieb er die »Hymnen an die Nacht« oder an seinem »Heinrich von Ofterdingen«. Zu den berühmten Lehrern der Bergakademie im 19. Jahrhundert zählt auch August Wilhelm Lampadius (1772–1842). Lampadius montierte als Erster auf dem europäischen Festland eine Gasbeleuchtung an seinem Wohnhaus in der Freiburger Fischergasse und auf dem Obermarkt. Seine Entwicklung führte 1815 zum ersten industriellen Gaswerk in Halsbrücke im dortigen Hüttenwerk. Es war auch Lampadius, der 1796/97 mit seinem chemisch-metallurgischen Laboratorium eines der ersten Hochschullabore der Welt einrichtete. Etwas später lehrte Clemens Alexander Winkler (1838–1904) an der Bergakademie. Zu seinen großen Verdiensten zählt die Entdeckung des chemischen Elements Germanium im Jahr 1886. Er bestätigte damit das Periodensystem der Elemente von Mendelejew, der ein Element mit den Eigenschaften des Germaniums als »Eksasilizium« vorausgesagt hatte. Schon 1863 hatten der Chemiker Hieronymus Theodor Richter (1824–1898) und der Physiker Ferdinand Reich (1799–1882) hier das Element Indium entdeckt. Zu den Professoren, die die Bergakademie im 20. Jahrhundert prägten, zählen u. a. Eduard Maurer, Karl Kegel, Erich Rammeler und Arno Hermann Müller.

Berühmte Persönlichkeiten und »glänzende Minerale« haben also Freiberg und die Bergakademie weltbekannt gemacht. Dies sind auch Gründe für das Interesse und Vertrauen von Spendern und Stiftern in die Bergakademie. So konnte in den vergangenen Jahren der Stiftungsgedanke neu erweckt werden. Bedeutende Stiftungen, wie die Dr. Erich Krüger-Stiftung, der Frank Michael Engel-Stiftungsfonds und die Pohl-Ströher-Mineralienstiftung wurden eingerichtet. Erstere gehört zu den bedeutendsten privaten Stiftungen

für eine Hochschule in Deutschland. Letztere ist die weltgrößte private Mineraliensammlung und zugleich das prächtige Schaufenster der Universität.

.... neu!

Der Wert Innovation liegt für die Ressourcenuniversität in der Forschung und Ausbildung ihrer eng verzahnten, theoriegetriebenen und gleichermaßen praxisorientierten Wissenschaft. Mit Spitzenleistungen in Forschung und Lehre übernimmt sie Verantwortung für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft.

Zeugnis der bemerkenswerten Leistungen in der Forschung sind die Drittmittelquoten, die in den vergangenen Jahren kontinuierlich hoch waren: Die Bergakademie ist die mit Abstand drittstärkste technische Universität (Vergleich: Drittmittel pro Professor, ohne Medizin) in den neuen Bundesländern und zählt im bundesdeutschen Vergleich (Drittmittel pro Professor) zur Spitzengruppe. Das Verhältnis von Drittmitteln zu Grundfinanzierung beträgt mittlerweile 1:1. Damit liegt die TU Freiberg an der Spitze der deutschen technischen Universitäten insgesamt. Die Exzellenz der hier betriebenen Wissenschaft wird durch stetig hohe Fördermittelzusagen, insbesondere seitens der DFG und des Bundes bestätigt. An der TU Bergakademie Freiberg existieren aktuell zwei Sonderforschungsbereiche (SFB 799 »TRIP-Matrix-Composite – Design von zähen, umwandlungsverstärkten Verbundwerkstoffen und Strukturen auf Fe-ZrO₂-Basis«; SFB 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration«), ein DFG-Schwerpunktprogramm (SPP 1418 »FIRE – Feuerfest-Initiative zur Reduzierung von Emissionen«), drei Bundesexzellenzzentren (Zentrum für Innovationskompetenz Virtuhcon, Deutsches Energie- und Rohstoffzentrum und ibi – Innovative Braunkohlen Integrati-

on in Mitteldeutschland), ein Landesexzellenzzentrum (ADDE – Funktionales Strukturdesign neuer Hochleistungswerkstoffe durch Atomares Design und Defekt-Engineering) sowie das durch die Krüger-Stiftung geförderte »Biohydrometallurgische Zentrum«.

Schlussbemerkung

Abschließend noch eine kleine, nicht unwichtige Ergänzung zum Namen der Universität. Die TU Bergakademie Freiberg trägt heute als einzige der Bergakademie-Gründungen noch ihren ursprünglichen Gründungsnamen. So wird verständlich, warum dieser Eigenname, Markenzeichen und Programm zugleich, nicht in andere Sprachen übersetzt wird. Er ist eine Reverenz gegenüber den Gründungsvätern, aber auch an die 250-jährige Kontinuität, die ihresgleichen sucht. »Bergakademie« ist heute Synonym für die TU Bergakademie Freiberg und für Ressourcenuniversitäten weltweit.

Der Namenszusatz »Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.« bringt im ersten Teil ihren Anspruch und ihre Verantwortung für Lehre und Forschung für die Rohstoffsicherung des Landes in ihrer internationalen Positionierung zum Ausdruck. Der Verweis auf das Gründungsjahr im zweiten Teil betont ihre Herkunft und Pionierrolle als älteste montanwissenschaftliche Hochschule der Welt und älteste höhere technische Bildungseinrichtung im deutschsprachigen Raum. Der Namenszusatz wird in andere Sprachen übersetzt, beispielsweise »The University of Resources. Since 1765.« oder »Университет ресурсов. С 1765 года.«

Die TU Bergakademie Freiberg ist zu Recht stolz auf ihren traditionsreichen Namen, ihr Programm und ihre Werte. Sie steht auf einem stabilen Fundament und kann mit Selbstvertrauen in die Zukunft blicken.

Der TU Bergakademie Freiberg auf den Weg

Gruß- und Geleitworte für die Jubiläumsausgabe der ACAMONTA anlässlich 250 Jahren Gründung der Bergakademie



Prof. Dr. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung

Während die Weltbevölkerung wächst und Energie- und Materialverbrauch stetig steigen, sind unsere Energie- und Rohstoffreserven begrenzt. Wir müssen deshalb alles dafür tun, die verfügbaren Ressourcen effizienter zu nutzen. Die sichere Rohstoffversorgung der deutschen Industrie am Hightech-Standort Deutschland ist ein Eckpfeiler für wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand. Der Umwelt- und Ressourcenschutz zählt deshalb zu den zentralen Bedarfselementen der Hightech-Strategie der Bundesregierung. Seltene Erden und andere Hightech-Metalle sind Schlüssel für Innovationen bei Elektromobilität, Solar- und Windenergie sowie Informations- und Kommunikationstechnologien. Damit Deutschland den technologischen Vorsprung weiter ausbauen kann, sind Forschung und Technologieentwicklung auf Weltniveau notwendig, auch im montanwissenschaftlichen Bereich.

Die älteste montanwissenschaftliche Hochschule der Welt ist die TU Bergakademie Freiberg. 1765 als höhere montanwissenschaftliche Bildungseinrichtung gegründet, feiert sie 2015 ihr 250-jähriges Gründungsjubiläum. In ihrer langen und ereignisreichen Geschichte hat sie sich zu einer der bedeutendsten Ressourcenuniversitäten weltweit entwickelt. Ihr Forschergeist und ihr Innovationspotenzial im Rohstoffbereich sind heute mehr denn je gefragt – insbesondere wenn es um Lösungsansätze zur nachhaltigen Gestaltung unserer Zukunft in Zeiten knapper werdender Energie- und Rohstoffreserven geht.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt seit vielen Jahren die Rohstoffforschung – auch an der TU Bergakademie Freiberg. Die Fördermaßnahme »Wirtschaftsstrategische Rohstoffe für den Hightech-Standort Deutschland« bündelt die rohstoffbezogenen Förderaktivitäten im Rahmenprogramm »Forschung für nachhaltige Entwicklungen« des BMBF. Im Mittelpunkt der Förderung stehen die Entwicklung von effizienten Recycling-Technologien und neuen Erkundungsmethoden für den Primärbergbau, um umweltschonend wirtschaftsstrategische Metalle zu ge-

winnen, und die Unterstützung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in montanwissenschaftlichen Nachwuchsforschungsgruppen.

Zudem wollen wir im Rahmen der Fördermaßnahme »CLIENT« des BMBF international kooperieren, um gemeinsam mit Partnern in anderen Ländern Knowhow auszutauschen, Technologien zu entwickeln und Rohstoff-Lagerstätten zu erschließen. Und mit der im September 2014 veröffentlichten Förderrichtlinie »r+Impuls« werden Unternehmen gezielt bei der Umsetzung innovativer Verfahren und Technologien für Ressourceneffizienz in den Industriemaßstab unterstützt, zum Beispiel durch eine wissenschaftliche Begleitforschung. Wertvolle Arbeit bei der Rohstoffforschung leistet auch das vom BMBF geförderte Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF), das gemeinschaftlich von der TU Bergakademie und dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf 2011 gegründet wurde.

Ich gratuliere der TU Bergakademie Freiberg zum 250. Jubiläum und wünsche allen, die dort lehren, lernen und forschen, viel Erfolg. Und ich wünsche mir, dass dieses besondere Jubiläum Strahlkraft entwickelt und bei den jungen Menschen Begeisterung für die Montanfächer schürt.



Stanislaw Tillich, Ministerpräsident des Freistaates Sachsen

Adam Smith, der Begründer der Nationalökonomie, hätte seine These, dass aller Wohlstand auf Arbeit beruhe, und dass Arbeitsteilung und Spezialisierung den Wohlstand mehren, auch in Sachsen bestätigt gefunden – nur dass sein berühmtes Lehrbuchbeispiel vermutlich nicht die Stecknadelmanufaktur gewesen

wäre, sondern der Bergbau und das Hüttenwesen im Freiburger Revier. Es wäre vielleicht sogar die bessere Illustration seiner These gewesen: Denn um Erz zu fördern und zu verhütten, braucht es weit mehr Kenntnisse und Fähigkeiten als für die Nadelproduktion: Wissen um Geologie, Vermessung und Schachtausbau, um den Bau von Maschinen und die Beherrschung komplexer metallurgischer Verfahren sowie das Know-how, wie man solche hochgradig arbeitsteiligen Produktionsprozesse organisiert.

Der Wohlstand des Erzgebirges und Sachsens basierte bereits damals auf der Kombination von Rohstoffen und dem Wissen darüber, wie man sie fördert und veredelt. So war die Gründung der Bergakademie Freiberg im Jahre 1765 nur folgerichtig für einen Landesherrn, der

auf die Mehrung des sächsischen Wohlstandes bedacht war. Die volkstümliche Redensart »Alles kommt vom Berge her« wurde mit der Gründung der Bergakademie gewissermaßen institutionalisiert und durch Verwissenschaftlichung der Erkenntnisse, welche die Praktiker des Bergbaus seit dem Mittelalter gesammelt hatten, in ganz neue Höhen geführt.

Zugleich wurde damit der Grundstein gelegt für die moderne Ressourcenuniversität von heute, die 2015 ihr 250. Gründungsjubiläum feiern kann und damit die älteste heute noch existierende Montanuniversität der Welt ist. Das hat auch etwas damit zu tun, dass Lehre und Forschung sich bald über die Montanwissenschaften hinaus neue Betätigungsfelder suchten. Heute gehören Halbleiter, Automatisierungstechnik oder Mikrobiologie

zum Profil der TU Bergakademie dazu, genauso wie auch die Wirtschaftswissenschaften und die Ausbildung von Wirtschaftsingenieuren. Die TU Bergakademie Freiberg ist wiederum Teil eines Wissensnetzes, zu dem die Exzellenzuniversität TU Dresden und das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf ebenso gehören wie Hochschulen und Forschungseinrichtungen in der ganzen Welt.

Seit die meisten Erzvorkommen im Erzgebirge versiegt sind, haben sich in Sachsen neue Industrien etabliert, die

wie Bergbau und Hüttenwesen auf hochgradiger Arbeitsteilung und der Weiterentwicklung und Verbreitung von Wissen basieren. Hochschulen wie die TU Bergakademie Freiberg spielen für die wirtschaftliche Entwicklung Sachsens deshalb eine herausragende Rolle, die heute wahrscheinlich sogar noch größer ist als vor 250 Jahren. Sie schaffen mit ihrer Forschung wie mit der Ausbildung von Fachleuten die Basis dafür, dass in Sachsen auch im 21. Jahrhundert aus Arbeit Wohlstand wird.

Weil mir das als sächsischem Ministerpräsidenten ein wichtiges Anliegen ist, habe ich gerne die Schirmherrschaft für das Jubiläumsjahr der TU Bergakademie Freiberg übernommen. Zugleich möchte ich den Freunden und Förderern der Bergakademie dafür danken, dass sie Forschung und Lehre an der Bergakademie nicht nur in Jubiläumjahren fördern, sondern kontinuierlich ermöglichen.

Glück auf!

Stanislaw Tillich



Prof. Dr. Kurt Biedenkopf, Ministerpräsident a.D.

Der Technischen Universität Bergakademie Freiberg zum 250. Geburtstag

Krisen sind schöpferisch, wenn sie durch Neues überwunden werden. Die Bergakademie Freiberg, heute die Technische Universität Bergakademie, ist dafür ein Beispiel. Die Krise, in die sie durch die Wiedervereinigung geriet, war existentiell. Im Unterschied zu den drei anderen sächsischen Universitäten zwang der Umbruch, der durch die Wiedervereinigung auch im Hochschulbereich ausgelöst wurde, nicht nur zu tiefgreifenden Veränderungen ihres Personals und ihrer Strukturen. Als Bergakademie musste sie auch ihren Auftrag und ihre Mission als Hochschule neu definieren. Im Ergebnis ging es dabei um die Rechtfertigung ihrer zukünftigen Existenz als Universität. Für ihre drei Schwesteruniversitäten stellte sich diese Frage nicht.

Zwar kamen ihr dabei zahlreiche Eigenschaften zustatten: ihre ebenso eindrucksvolle wie produktive Geschichte, ihre Beiträge zur Bergwissenschaft, ihr Einfluss auf spätere Gründungen in Deutschland und Europa, ihre damit erworbene Autorität und die Bedeutung, die ihr daraus erwuchs. Sie war die älteste und wohl auch erfolgreichste Bergakademie, an Alter von keiner anderen übertroffen. Aber die wissenschaftliche und technische Revolution im Bergbau gefährdete ihren bisherigen Markt. Die Nachfrage nach Bergingenieuren war zu-

rückgegangen. Die planwirtschaftlichen Strukturen im Herrschaftsbereich der Sowjetunion beraubten sie der Möglichkeit, an den schnellen Veränderungen der Bedürfnisse der Märkte kreativ und führend teilzunehmen.

Als es dann im wiedererstandenen Freistaat um die Verteilung der knappen staatlichen Mittel ging und damit um die Prioritäten im Hochschulbereich, schien es, als habe die Freiburger Bergakademie die schlechtesten Karten. Die Frage, ob es angesichts dieser Umstände nicht geboten sei, sie »abzuwickeln«, also zu schließen, konnte kaum überraschen. Sie musste beantwortet werden.

An der Suche nach einer nachhaltig tragfähigen und überzeugenden Antwort haben sich viele beteiligt. Der Weg war nicht einfach. Die Intensität der Interessenkonflikte spiegelte nicht nur die Knappheit der Mittel wider, sondern auch die unterschiedlichen wissenschaftlichen Prioritäten und hochschulpolitischen Vorstellungen. Sie wurden nicht zuletzt im Kabinett der Staatsregierung in Dresden sichtbar und ausgetragen. Dass die Antworten, die schließlich gefunden wurden, brauchbar sind, zeigen die Erfolge, von denen die »Technische Universität Bergakademie Freiberg« (für den Tagesgebrauch »Uni Freiberg«) aus Anlass ihres 250. Geburtstags berichten kann. Ihre neue Identität wird angenommen – von den Studenten ebenso wie von der Wissenschaft. Etwas Neues ist entstanden!

Über die Anfänge dieses Neuen geben mehrere Eintragungen in meinem Tagebuch Auskunft.

23.03.1995: Gespräch mit Prof. Meyer über den Haushalt 1996 und die Entwicklung der Hochschulen. Ich schlage ihm vor, in Freiberg eine ökologische Fakultät ins Leben zu rufen. Dabei denke ich an eine Kombination von Geistes-

und Naturwissenschaften in einer Weise, wie sie bisher noch nicht existiert. Die Tatsache, dass wir in den letzten Jahren mehrere Versuche erlebt haben, Querschnittsprobleme im Bereich der Ökologie durch Institute zu lösen, zeigt, dass es dafür ein Bedürfnis gibt. Die Institute konnten sich jedoch bisher nicht wirklich durchsetzen. Wo an den Universitäten im Bereich der Ökologie gearbeitet wird, handelt es sich entweder um die naturwissenschaftliche Dimension, so auch schon in Freiberg, oder um sozial- oder politikwissenschaftliche Fragestellungen. Eine Integration beider Dimensionen zu einer ganzheitlichen Sicht der Dinge findet bisher in organisierter Weise noch nicht statt. Ich möchte etwas Derartiges in Gang setzen. Freiberg ist als Montanhochschule dafür besonders gut geeignet. Außerdem wird die Aussicht, etwas Neues unternehmen zu können, das einem offensichtlichen Bedürfnis entspricht und die Unterstützung der Staatsregierung hat, auch den Lehrkörper und die Studenten motivieren.

04.04.1995: Besuch des Rektors der Bergakademie in Freiberg, Prof. Stoyan. Die Akademie leidet unter Studentemangel. Professoren werben deshalb in den Gymnasien durch Übernahme einer Art von Patenschaft für ein Studium in Freiberg. Wir sprachen über meine Idee, in Freiberg eine ökologische Fakultät einzurichten. Der Rektor fand den Gedanken gut, war sich aber nicht sicher, ob er seine Professoren dazu bewegen könnte, die klassischen Fakultätsgrenzen zu überschreiten. Im Laufe des Gesprächs gefiel ihm jedoch der Gedanke, Freiberg könnte wieder einmal, wie schon zu seiner Gründung, einen Neuanfang wagen. Auch die Bergwissenschaften waren ein Neubeginn. Aus den Wurzeln dieser Tradition könne doch erneut eine akademische Neuerung erwachsen. Die Akademie

könne gewissermaßen auch die Mutter einer neuen Wissenschaft werden: eben die einer Umweltakademie mit zwei Studiengängen, dem Umwelt-Ingenieur und dem Umwelt-Wirt. Die Herren, vor allem auch der Kanzler, wollen dazu etwas zu Papier bringen.

05.12.1995: Am späteren Nachmittag das Gespräch über eine ökologische Fakultät an der Freiburger Bergakademie. Rektor Stoyan war mit seinen Dekanen angereist. Für die Staatsregierung hatte ich Prof. Meyer und Arnold Vaatz mit ihren Mitarbeitern gebeten. Vaatz hatte schon vorher kritisch zum Konzept der Akademie Stellung genommen – mit guten Gründen im Übrigen. Stoyan trug zu Beginn noch einmal die Vorstellungen vor, die man nach unserem Gespräch entwickelt hatte: drei Studiengänge, 1. Bodenkunde, 2. Prozess- und Systemtechnik und 3. Naturwissenschaften.

Meyer sah eine große Nachfrage nach neuen ökologischen Studiengängen, aber nur geringe Berufschancen für Absolventen – ähnlich wie Vaatz. Er würde eine interdisziplinäre Forschungseinrichtung vorziehen. Seine Anregungen zu Studienschwerpunkten: 1. Boden-, Wasser- und Umweltwissenschaften, 2. ökologische Verfahrenstechnik und 3. Umweltmanagement und Betriebswirtschaft. Dem dritten Vorschlag der Akademie (Naturwissenschaftler) stand er skeptisch gegenüber. Eine derartige Ausbildung biete kein klares Berufsbild. Die weiteren Überlegungen müssten entweder von einem vernetzten Studium oder von einer »handfesten« Ausbildung ausgehen, die in der Spezialisierung vertieft werde. Zur neuen Bezeichnung meinte Meyer, der Begriff Öko-Universität sei nicht brauchbar. Öko-Fakultät sei bedenkenswert, Öko-Zentrum wohl noch am besten zu gebrauchen. Zur institutionellen Seite des Projekts empfahl er ein Zentrum im Inneren, eine Vernetzung der Fakultäten und eine Kooperation mit anderen Universitäten.

Vaatz wiederholte seine Bedenken. Er hielt eine ökologische Grundlagenforschung für notwendig. Die praktische Verwendung ihrer Erkenntnisse in der Lehre sei für ihn derzeit nur schwer vorstellbar. Der Markt frage eine derartige Ausbildung nicht nach. Was er nachfrage, seien Fachleute für Altlastensanierung, Hydrosanierung, Bodensanierung, Kreislaufkonzepte und Entsorgungssysteme. Soweit es um ideologische Positionen gehe, solle man die Ökologie als Thema der Zukunft nicht allzu ernst nehmen, also nicht auf den Zeitgeist setzen. Neue Studiengänge seien erst sinnvoll, wenn ein entsprechendes Lehrgebäude erarbeitet worden sei.

Alles in allem eine gute Diskussion der Möglichkeiten, die neuen Fragestellungen in die vorhandenen akademischen Strukturen einzugliedern und das Ganze auf diese Weise fortzuentwickeln. Meyer und Vaatz votierten für einen Beginn mit einem integrierten Institut oder Zentrum. Ich schloss mich der Ansicht von Vaatz an, dass es nicht damit getan sei, einen neuen Studiengang anzukündigen. Seiner Einführung müsse intensive Arbeit an den inhaltlichen und didaktischen Problemen eines neuen Faches vorausgehen. So kamen wir zu Ergebnissen, die nun in Freiberg weiter bearbeitet werden müssen. In jedem Falle wird etwas Neues entstehen.

19.06.1996: Nach Freiberg, um im Rahmen der ökologischen Ringvorlesungen zu reden. Die Aula war überfüllt, obwohl die Studenten frei hatten. Rektor Stoyan war glücklich über die Resonanz, die die Verwirklichung der Anregung gefunden hatte, einen ökologischen Schwerpunkt zu bilden. Im Sommersemester hätten sich an der Bergakademie über 600 Studenten für das erste Semester eingeschrieben. Meine Vorlesung handelte von den methodischen Problemen einer Querschnittswissenschaft, der Notwendigkeit der Vernetzung von

Geistes- und Naturwissenschaften und der Bedeutung der Fragestellung selbst. Immer wieder geht es mir um die Idee der Regelkreise und damit der Selbststeuerung gesellschaftlicher Abläufe. In den ökologischen Wissenschaften sehe ich Überlebenswissenschaften. Ihre Erkenntnisse werden nicht mein Leben, wohl aber das Leben der heutigen Studenten beeinflussen: zum Guten oder zum Schlechten.

Soweit die Eintragungen in meinem Tagebuch. Wenige Jahre später äußerte sich die Sächsischen Hochschulentwicklungskommission auch zum Neubeginn der Freiburger Hochschule. In ihrem Bericht (März 2001) stellt sie fest, »dass für Freiberg – auch angesichts der in mehreren Bereichen problematischen Nachfragesituation – eine weitere Profilierung und Konzentration des Angebotes für die weitere Entwicklung der Universität unabdingbar notwendig ist«. Die Kommission könne sich durchaus vorstellen, »dass sich innerhalb Sachsens der Hochschulstandort Freiberg konsequent zu einem universitären Zentrum für Umweltwissenschaften entwickelt«, in das die geo- und sonstigen naturwissenschaftlichen sowie die werkstoffwissenschaftlichen Stärken der Freiburger Tradition eingehen könnten.

In dem Maße, in dem sich in Freiberg »eine derartig gebündelte umweltwissenschaftliche Kompetenz entwickelt«, so die Kommission, könne die TU für diesen Bereich auch zu einem über die Grenzen des Freistaates hinausreichenden wichtigen Zentrum werden – sowohl für die umweltwissenschaftliche Weiterbildung als auch für die Entwicklung modular organisierter Online-Angebote.

Knapp vierzehn Jahre später und zu ihrem Jubiläum können wir dankbar feststellen: Die Freiburger Universität hat uns nicht enttäuscht. Sie überzeugt uns.

Glückauf für die kommenden Jahrzehnte!

Prof. Dr. Thomas Hanschke, Präsident der TU Clausthal

Kurzes Grußwort der TU Clausthal zum 250. Jubiläum der TU Bergakademie Freiberg

Die TU Bergakademie Freiberg feiert ihr 250-jähriges Bestehen. Zu diesem Vierteljahrtausend Forschung und Lehre möchten wir seitens der Technischen Universität Clausthal unseren Respekt aussprechen und herzlichst gratulieren. Die Wissenschaftler beider Universitäten, die Freiburger und die Clausthaler, stehen seit Jahrhunderten im engen Austausch über Themen wie Bergbau, Rohstoffe, Verfahren und Ressourcen. Als die zwei ältesten montanwissenschaftlichen Hochschulen Deutschlands – Clausthal feiert in diesem Jahr sein 240. Jubiläum – sind beide Institutionen tief verbunden in der gemeinsamen Geschichte. Nach der Wende war die TU Clausthal ein erster Ansprechpartner für ihre sächsische Schwesteruniversität. Heute kooperieren beiden Seiten, etwa beim Erfolgsformat Altbergbau-Kolloquium und auf EU-Ebene.

Glück auf!

Professor Dr. Ernst M. Schmachtenberg, Rektor der RWTH Aachen

Sehr geehrte Damen und Herren,
im Namen der RWTH Aachen möchte ich der TU Freiberg herzlich zu ihrem 250. Jubiläum gratulieren.

Die TU Freiberg wie auch die RWTH Aachen haben starke Wurzeln in der Montanindustrie Deutschlands. Forschung und Lehre zu Fragen der Aufsuchung, Gewinnung, Verarbeitung, Veredlung und des Recyclings von Rohstoffen spielen bis heute eine wichtige Rolle im Portfolio unserer Hochschulen. Von großem Wert waren stets die engen fachlichen, aber auch persönlichen Kontakte gerade auch in den schwierigen Zeiten der Trennung der beiden deutschen Staaten. Ich freue mich daher über die vielen gemeinsamen Forschungsprogramme, die wir gemeinsam gestaltet haben und aktuell durchführen. Hier ist besonders die Bildung des deutschen virtuellen Institutes für Ressourcentechnologie (GERRI) wie auch unsere beiderseitige Core-Partnerschaft im beantragten KIC RawMatters hervorzuheben.

Ich hoffe, dass auch in Zukunft die Zusammenarbeit unserer beiden Universitäten so erfolgreich fortgesetzt wird.

Mit freundlichen Grüßen,

Univ.-Prof. Dr.-Ing. E. Schmachtenberg

Ausländische Grußbotschaften

China: China University of Mining and Technology-Beijing

Sehr geehrter Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer,
als älteste Bergbauuniversität Chinas und Mitglied des Projektes »National 211« pflegen wir besonders in den Bereichen Bergbau, Geowissenschaften und internationale Ressourcenpolitik eine enge Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg. Zum 250. Jubiläum der ältesten Bergbauuniversität der Welt sende ich Ihnen im Namen unserer Universität ein herzliches »Glück Auf«. Unsere Kooperation ist ein gutes Beispiel für die Zusammenarbeit zwischen den beiden Ländern – heute und auch in den nächsten 250 Jahren Ihrer Geschichte.

Prof. Yang Renshu

Präsident China University of Mining & Technology-Beijing

Ghana: Kwame Nkrumah University of Science and Technology

Die Kwame Nkrumah University of Science and Technology gratuliert der TU Bergakademie Freiberg zum 250. Jubiläum und zu den bedeutenden, wissenschaftlichen Errungenschaften ihrer Geschichte. Unsere beiden Universitäten sind enge Partner im Bereich der Geowissenschaften. Wir schätzen Ihre Hilfe und Unterstützung bei der Ausbildung unserer Mitarbeiter und Studenten sehr und hoffen, dass wir die gute Zusammenarbeit noch viele weitere Jahre fortsetzen können. Zum 250. Jubiläum senden wir Ihnen die besten Glückwünsche.

Prof. William Otoo Ellis

Vizekanzler Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST), Ghana

Japan: Akita University

Wir sind Ihrem Land und besonders der TU Bergakademie Freiberg sehr verbunden. Die Akita University wurde als staatliche Bergbauschule in Japan nach dem Vorbild der Bergakademie Freiberg im Jahr 1910 gegründet. Der erste und dritte Rektor, Obana Fuyukichi und Yokobori Jisaburo, haben sogar in Freiberg studiert. Noch heute zeugt eine Kollektion von Bergbau-Modellen von 1922 von der engen Verbindung zu Freiberg. Ein Absolvent der Bergakademie war auch Kurt Adolph Netto, der ab 1873 die Blei- und Silberminen in Kosaka modernisierte. Wir möchten die Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg in Lehre und Forschung im Ressourcenbereich weiter ausbauen.

Dr. Kenichi Sawada

Präsident der Akita University

Kanada: University of Alberta

Sehr geehrter Herr Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer,
es ist uns eine große Freude, anlässlich der 250-jährigen Jubiläumsfeier der TU Bergakademie Freiberg ein Grußwort zu übersenden. »Denken und Wissen sollten immer gleichen Schritt halten. Das Wissen bleibt sonst tot und unfruchtbar.« Dieses Zitat stammt von Alexander von Humboldt, einem Ihrer wohl berühmtesten Studenten. Durch regen Studenten- und wissenschaftlichen Austausch sowie zahlreiche Forschungs Kooperationen zwischen unseren Universitäten sehen wir, dass Denken und Wissen im Hinblick auf die wichtige Frage der Rohstoffsicherheit an der Bergakademie Schritt halten.

Im kommenden Jahr feiert die TU Bergakademie Freiberg ihr 250-jähriges Jubiläum. Zu diesem Anlass wünschen wir Ihnen weiterhin große, wissenschaftliche Erfolge und Studenten, die sich für die TU Bergakademie begeistern. Mögen sie vielleicht eines Tages die gleiche, hohe Berühmtheit wie Alexander von Humboldt erlangen.

Indira V. Samarasekera

Präsidentin University of Alberta, Canada

Österreich: Montanuniversität Leoben

Die TU Bergakademie Freiberg, die nationale Ressourcenuniversität in Deutschland, feiert im kommenden Jahr ihr 250. Jubiläum. Als Ressourcenuniversität nimmt die TU Bergakademie Freiberg die wichtige Aufgabe der Rohstoffsicherung für die Gesellschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette umfassend in den Blick. Sie spannt dabei den Bogen von der Erkundung neuer Lagerstätten über die umweltschonende Gewinnung der Rohstoffe sowie die Entwicklung alternativer Energietechniken und effizienter Werkstoffe bis hin zum Recycling. Sie tut dies nicht nur als nationale Aufgabe, sondern setzt ihr Engagement auch auf internationaler Ebene um. Eine besonders herausragende Aktivität in diesem Zusammenhang war die Gründung des Weltforums der Ressourcenuniversitäten im Jahr 2012. Dieses Forum, das sich der Nachhaltigkeit von Ressourcenfragen widmet, bringt in einzigartiger Weise Lehrer und Forscher von mehr als 70 Rohstoffuniversitäten weltweit zusammen. Sie treffen sich jährlich, um die brennenden Fragen zur nachhaltigen Versorgung der Menschheit mit Rohstoffen zu diskutieren. Wer sonst hätte die Idee der Gründung eines Weltforums überzeugender und erfolgreicher umsetzen können, wenn nicht die älteste montanwissenschaftliche Universität der Welt. 2014 wird die Montanuniversität Leoben die Weltforums-Konferenz austragen. Das ist nicht nur eine gro-

Be Ehre für unser Land und für die Montanuniversität Leoben, sondern weist auf die sehr langen und engen Verbindungen zwischen Freiberg und Leoben hin, die seit der Gründung der Montanuniversität Leoben im Jahre 1840 bestehen. ... Die Kontakte zwischen Leoben und Freiberg haben im Laufe der Zeit alle politischen Entwicklungen und Veränderungen bestens überstanden und gipfeln heute in gemeinsamen Forschungsprojekten, Studien und internationalen Kooperationen. Als Rektor der Montanuniversität Leoben wünsche ich der TU Bergakademie Freiberg für die Zukunft Erfolg, Schaffenskraft und weiterhin innovative Forschungsprojekte – möge Freiberg auch in den nächsten Jahren ein wissenschaftliches Zentrum der Erforschung des nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen sein.

Prof. Dr. Wilfried Eichlseder

Rektor der Montanuniversität Leoben

Polen: Akademia Gorniczo-Hutnicza AGH im. Stanisława Staszica w Krakowie

Sehr geehrter Rektor,

der Akademia Gorniczo-Hutnicza und mir ist es eine große Freude, Ihnen zum 250. Jubiläum unsere herzlichsten Glückwünsche zu übermitteln. Die TU Bergakademie Freiberg ist als älteste Bergbauuniversität der Welt Vorreiter in der Entwicklung in den Bereichen Bergbau und Metallurgie. Ich freue mich, dass die Zusammenarbeit zwischen der AGH und der TU Bergakademie Freiberg für beide Seiten ein Gewinn ist.

Prof. Dr. hab. Eng. Tadeusz Slomka

Rektor Akademia Gorniczo-Hutnicza Krakau

Russland: Bildungsminister D. W. Liwanow

Sehr geehrte Kollegen!

Ganz herzlich gratuliere ich Ihnen zum 250. Jahrestag der Gründung der Bergakademie Freiberg! Seit vielen Jahren ist die Bergakademie Freiberg die führende Universität Deutschlands in der Zusammenarbeit mit Russland im Rohstoff- und Energiesektor, sie unterhält enge Beziehungen mit russischen Ressourcenuniversitäten in der Lehre und Forschung. Einer der langjährigen russischen Partner ist die Nationale Technologische Forschungsuniversität »MISIŠ«, die gemeinsam mit der Bergakademie Freiberg eine Reihe von zukunftsorientierten Projekten umsetzt. Einen neuen Meilenstein für die Vertiefung der für beide Seiten vorteilhaften Zusammenarbeit zwischen unseren Ländern stellt die Eröffnung, gemeinsam mit der Nationalen Universität für mineralische Ressourcen »Gorny«, des russischen Studienhauses »Lomonossow-Haus« in Freiberg dar.

Ich bin sicher, dass sich für uns neue Perspektiven für eine Weiterentwicklung der Zusammenarbeit in für die Wirtschaft Russlands und Deutschlands wichtigen Bereichen wie dem Rohstoff- und Energiesektor sowie der nachhaltigen Nutzung von Bodenschätzen eröffnen werden.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg im Erlangen von Wissen und neue wissenschaftliche Errungenschaften!

Minister D.W. Liwanow

Russland: Nationale Universität für mineralische Ressourcen »Gorny«, St. Petersburg

Sehr geehrter Herr Rektor,

im Namen des Wissenschaftlichen Rats der Nationalen Universität für mineralische Ressourcen »Gorny« und ganz persönlich gratuliere ich Ihnen und allen Mitarbeitern und Studenten Ihrer Universität ganz herzlich zum 250. Jahrestag der Grün-

dung der Technischen Universität Bergakademie Freiberg – der ältesten Bergbauuniversität der Welt.

Die Geschichten unserer Universitäten sind seit über 240 Jahren eng miteinander verflochten, die freundschaftlichen Beziehungen zwischen den Schwesteruniversitäten in St. Petersburg und Freiberg rissen im Laufe der Jahrhunderte nie ab.

Ganz besonders ist in diesem Zusammenhang der glanzvolle Name des berühmten russischen Universalgelehrten Michail Lomonossow zu erwähnen. Mit der Einweihung des »Lomonossow-Hauses« im Februar 2014 am Ort des früheren metallurgischen Labors haben unsere beiden Universitäten einen neuen Meilenstein für die vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen unseren Ländern gesetzt. Und ich hoffe, dass unsere gemeinsamen Bemühungen zur Gründung einer Russisch-Deutschen Ressourcenuniversität in naher Zukunft von Erfolg gekrönt werden. Ich wünsche Ihnen und Ihrer Universität, die heute verdienstermaßen eine Schlüsselposition bei der Bildungskooperation zwischen Deutschland und Russland einnimmt, für das Jubiläumsjahr und darüber hinaus neue Erfolge, Errungenschaften und alles erdenklich Gute.

Hochachtungsvoll

Rektor, Professor Wladimir Litvinenko

Slowakei: Technická univerzita v Košiciach

Sehr geehrter Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer,

ich gratuliere Ihnen zum 250. Jahrestag der Gründung der TU Bergakademie Freiberg. Es ist ein besonderer Anlass für Ihre Universität und deren Mitarbeiter. Seit Jahren pflegen wir eine enge Kooperation mit der TU Bergakademie Freiberg, insbesondere mit der Fakultät für Bergbau, Ökologie, Prozesssteuerung und Geotechnik. Durch regen studentischen und wissenschaftlichen Austausch entwickelte sich eine enge Verbindung zwischen unseren beiden Universitäten.

Die Technische Universität Bergakademie und wir haben viele gemeinsame Forschungsinteressen. So zum Beispiel die Erforschung natürlicher Ressourcen, die Erkundung neuer Lagerstätten, die umweltschonende Gewinnung der natürlichen Ressourcen, die alternative Entwicklung von Energietechnologien sowie die Materialforschung und das Recycling.

Dr.h.c. Prof. Ing. Anton Čížmár, CSc.

Rektor Technická univerzita v Košiciach (TU Košice)

Tschechien: Stellvertretender Minister für Wissenschaft, Forschung und Innovation

Das 250. Jubiläum der TU Bergakademie Freiberg ist ein wahrlich bemerkenswerter Anlass. Wir blicken zurück auf eine gemeinsame Geschichte der akademischen und der industriellen Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Tschechien, gerade auf den Gebieten des Bergbaus und der Industrie. Bildungs- und Forschungseinrichtungen der Tschechischen Republik pflegen noch immer eine enge Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Neben Doppeldiplomprogrammen in den Bereichen Maschinenbau, Keramik-, Glas- und Baustofftechnik sowie in der Umwelttechnik sind wir durch viele Forschungsprojekte und das Weltforum der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit einander verbunden. Ich wünsche der Bergakademie Freiberg alles Gute für den weiteren Weg.

Pavel Bělobrádek

Stellvertretender Minister für Wissenschaft, Forschung und Innovation Tschechien

Tschechien: VŠB-Technical University of Ostrava

Liebe Freunde und Kollegen,

das beeindruckende 250. Jubiläum der TU Bergakademie Freiberg lässt mich an die gemeinsame Geschichte denken, die unsere beiden Universitäten teilen. Der Vorläufer der VŠB-Technical University of Ostrava war eine Bergakademie, die 1716 gegründet wurde, um Arbeitskräfte für die Bergbauindustrie auszubilden. Daraus ging im Jahre 1849 die Gründung unserer Universität hervor.

In Freiberg war das nicht anders: Mit der Gründung der Bergakademie im 18. Jahrhundert wurde der hohe Wert der Bildung erkannt. In den Bereichen Bildung und Forschung arbeiten wir heute immer noch eng zusammen, beispielsweise im Maschinenbau. Angesichts unserer langen Historie werden wir auch in Zukunft den Weg gemeinsam gehen.

Ich gratuliere Ihnen zu diesem bedeutenden Jubiläum und wünsche Ihnen weiterhin viel Erfolg.

Prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.

Rektor VŠB-Technical University of Ostrava

Ukraine: Minister für Bildung und Wissenschaft

Sehr geehrter Prof. Dr.-Ing. Meyer,

die National Mining University (NMU) ist eine der führenden Technischen Bildungseinrichtungen in der Ukraine. Seit der Gründung der NMU 1899 bestehen die Kooperationen mit Ihrer Universität. Besonders in den Jahren der Unabhängigkeit der Ukraine hat sich die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Lehre und Forschung vertieft. Heute bilden die Ukrainer die viertgrößte Gruppe unter den ausländischen Studierenden in Freiberg. Die NMU war 2007 unter den fünf führenden Universitäten in Europa, die die International University of Resources gegründet haben. Es ist ein Netzwerk für die Ressourcenforschung, die Etablierung umweltfreundlicher Bergbautechnologien und für die Erkundung alternativer Energiequellen. Der Rektor der National Mining University, Mitglied der National Academy of Sciences der Ukraine, Gennadiy Pivnyak, wurde 2010 von der TU Bergakademie Freiberg zum Ehrendoktor ernannt. Ihr Rektor ist seit 2012 Ehrendoktor an der NMU. Ich danke Ihnen für die exzellente Zusammenarbeit und die Unterstützung der deutschen Regierung und sende beste Glückwünsche zum 250. Jubiläum der TU Bergakademie Freiberg – der ältesten Bergbauuniversität der Welt.

Serhiy Kvit

Minister für Bildung und Wissenschaft der Ukraine

Ukraine: National Mining University (NMU) Dnepropetrovsk

Sehr geehrter Herr Rektor, liebe Kollegen,

im Namen des Rektorats, der Lehrkräfte, der Studenten und der Aspiranten der Nationalen Bergbauuniversität (NBU) gratulieren wir Ihnen ganz herzlich zum Jubiläum – zum 250. Jahr des Bestehens Ihrer Universität. Wir teilen in diesen feierlichen Tagen mit Ihnen Ihre Freude. Mit der Gründung der Nationalen Bergbauuniversität als höhere Bergbaufachschule Ekaterinoslaw im Jahr 1899 hat unsere Zusammenarbeit mit der ältesten Bergbauuniversität, der TU Bergakademie Freiberg, begonnen. In der ganzen Welt ist sie als ein akademisches und wissenschaftliches Zentrum im Bereich Geowissenschaften, Metallurgie, Werkstoffkunde, Energetik und Ökologie bekannt. Besonders zu betonen ist die Entwicklung unserer Zusammenarbeit in den letzten Jahren. Wir sind sehr stolz, dass wir 2007 bei der

Gründung der Internationalen Universität für Ressourcen sowie 2012 unter 58 Universitäten aus 39 Ländern beim Weltforum der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit mit dabei waren. Wir bedanken uns aufrichtig für die enge und fruchtbare Zusammenarbeit im Bereich der Ausbildung von Fachleuten und bei gemeinsamen Forschungsarbeiten. Als die älteste Bergbauuniversität der Ukraine und Osteuropas schicken wir der ältesten Bergbauuniversität der Welt unsere Glückwünsche.

Mit herzlichen Grüßen und Glückauf!

Gennady Pivnyak, Rektor, Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Ukraine

USA: University of Texas (UTEP)

Sehr geehrter Prof. Meyer,

wir möchten der Technischen Universität Bergakademie Freiberg herzliche Glückwünsche zum nahenden Jubiläum, an dem Sie 250 Jahre der Exzellenz und Tradition als älteste Bergwissenschaftliche Universität der Welt feiern werden, übermitteln. Ich hoffe, dass wir, die University of Texas at El Paso, bei den Feierlichkeiten zu diesem historischen Meilenstein im November 2015 dabei sein werden, um die engen Verbindungen zwischen unseren beiden Universitäten weiter zu festigen.

Hochachtungsvoll

Diana Natalicio

Präsidentin der University of Texas at El Paso

Vietnam: Minister für Industrie und Handel

Als Mitglied des Festkuratoriums für Ihr 250. Jubiläum im kommenden Jahr und als Ehrenbergmann der Bergakademie möchte ich Ihrer Universität, meiner früheren Ausbildungsstätte, zurufen: Die TU Bergakademie Freiberg hat als die deutsche Ressourcenuniversität für Vietnam und die wirtschaftliche Entwicklung unseres Landes eine besondere Bedeutung. Das Ressourcenprofil der nachhaltigen Stoff- und Energiewirtschaft umfasst alle Wissenschaftsgebiete in Lehre und Forschung, die in der Grundstoffindustrie und der Energiewirtschaft in Vietnam dringend benötigt werden. Ich begrüße es sehr, dass die Bergakademie drei prägende Werte für ihre weitere Entwicklung in den Mittelpunkt stellt: »Nachhaltigkeit«, »Ausstrahlung« und »Innovation« oder kürzer »nachhaltig!« »glänzend!« und »neu!«. Wie keine andere Hochschule in Deutschland hält sie an ihrem klassischen Ressourcenprofil fest, und zwar sehr erfolgreich. Der Wert »Nachhaltigkeit« gibt diesem Profil Orientierung und Zukunftsfähigkeit. Mit der großen internationalen »Ausstrahlung« der Bergakademie in den Montanwissenschaften hat sie beste Voraussetzungen für die weitere Internationalisierung, dem – nach meiner Einschätzung – künftig wichtigsten Schwerpunkt der Bergakademie. Das Studienhaus-Konzept, das mit dem »Lomonossow-Haus« erstmals in Deutschland umgesetzt wurde, ist dafür ein hervorragender, neuer Ansatz, den wir von Vietnam aus unterstützen möchten.

Und schließlich, das kann ich aus eigener Erfahrung während meines Studiums in Freiberg bestätigen: Die Wissenschaft ist von der »Innovation«, d. h. von der praktischen Anwendung, getrieben. Nicht umsonst betreibt die Universität heute ein eigenes Bergwerk, eigene Walzstraßen, Gießerei- oder Chemieanlagen.

H.E. Dr. Vu Huy Hoang,

Minister für Industrie und Handel, Vietnam



Die Stadt und ihre Universität

Bernd-Erwin Schramm

Es ist für mich eine besondere Herausforderung und Freude, als Absolvent der Bergakademie Oberbürgermeister der Universitätsstadt Freiberg zu sein. »Freiberg kann mehr« stand 2008 bei meinem Amtsantritt auf der Tagesordnung, und das galt damals auch für die Beziehungen zwischen Stadt und Universität.¹ Es ging darum, sich stärker gemeinsam den Entwicklungsanforderungen zu stellen, um dem Namen »Universitätsstadt« einen neuen Klang zu geben. Musste ich doch zu Beginn noch feststellen, dass von gegenseitiger Befruchtung in den Beziehungen zwischen Stadt und Bergakademie kaum die Rede sein konnte, dass die Rohstoffwirtschaft im Freiburger Selbstverständnis nur noch einen marginalen Stellenwert hatte und dass unsere Technische Universität zwar Bergakademie heißt, aber dem »traditionellen Potenzial« zunehmend weniger gerecht wurde. Bereits im folgenden Jahr stand aber mit Rektor Bernd Meyer das Freiburger Forschungsforum BHT unter der Überschrift »Ressourcen für die Zukunft«. Inzwischen haben Universität und Stadt gemeinsam die Voraussetzungen für das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie geschaffen, und unsere Bergakademie hat als Ressourcenuniversität ein einmaliges, unverwechselbares Profil in der Universitätslandschaft Deutschlands und Europas. Die Voraussetzungen dazu waren gegeben. Denn Freiberg steht wie kaum ein anderer Ort hierzulande für den großen zivilisatorischen Aufschwung am Beginn sächsischer Geschichte und ist ein guter Ort für Zukunftsthemen. Als Gottfried Silbermann vor 300 Jahren mit Fertigstellung der nach ihm benannten Orgel Maßstäbe setzte, war Sachsen Zentrum der deutschen Aufklärung und durch einen großen Modernisierungsschub gekennzeichnet. Es war kein Zufall, dass Hanns Carl von Carlowitz

1713 mit seiner »Sylvicultura oeconomica« gerade in Freiberg das Prinzip der Nachhaltigkeit beschrieb. Und auch die Bergakademie wurde im Zeichen der Aufklärung ins Leben gerufen – nach Kant der Ausgang des Menschen aus selbstverschuldeter Unmündigkeit. Die Erkundung, Gewinnung und Aufbereitung von Rohstoffen wissenschaftlich zu begründen und vorhandene Ressourcen besser zu nutzen, stand deshalb von Beginn an auf der Tagesordnung. Damals ging es vor allem um wirtschaftlichen Aufschwung und Stabilität für Sachsen. Heute ist die Verfügbarkeit von Georesourcen eine Schlüsselfrage bei der Gestaltung der menschlichen Zukunft, und unsere Ressourcenuniversität ist bei der Suche nach Antworten ganz vorn dabei. Das Forschungsforum 2014 (BHT) hatte mit dem Motto »Georesourcen« nicht nur ein Kernthema hiesiger Forschung und Lehre gewählt, sondern auch vielfältige Bezüge zur Geschichte und Gegenwart unserer Stadt als Geo-Montanstandort, der sich über Jahrhunderte entwickelt hat und dessen Kompetenzen im Namen und im Profil der Bergakademie Freiberg seit ihrer Gründung unverwechselbar erkennbar sind. Mit Gründung der Bergakademie begann 1765 auch eine weit über Sachsen hinaus wirkende Erfolgsgeschichte der Entwicklung des höheren technischen Bildungswesens. Heute wird an der ältesten Montanhochschule der Welt ein einmaliges Spektrum von Studiengängen angeboten, das im Profil Geo-Material-Energie-Umwelt über die gesamte Wertschöpfungskette von der Erkundung bis zum Recycling reicht und damit auch das Profil der Hochschulstadt Freiberg bestimmt. Heinrich Keller schrieb 1786 in seinem »Tableau von Freyberg« von den Anfängen der Bergakademie: »Die Anzahl der hiesigen Bergstudenten ist nicht groß, sie beläuft sich auf etwa vierzig. Ausländer befinden sich gegenwärtig nicht mehr als sechs hier. Und neben dem Inspektor Abraham Gottlob Werner und Beamten der Bergbehörde unterrichtet nur ein Professor«. Zur gleichen Zeit gab es in der Stadt immer-



hin bereits 10.000 Einwohner. Heute hat Freiberg 40.000 Einwohner, und an der Bergakademie studieren weit mehr als 5.000 Studenten bei etwa 100 Professoren. Leider ist diese Entwicklung quantitativ nicht proportional verlaufen, sonst wäre Freiberg heute Millionenstadt und Zentrum einer sächsischen Metropolregion. Dafür gilt heute: klein, aber fein! Denn inhaltlich gab es besondere Höhepunkte. Den Grundstein für Freiberg als bedeutenden Standort der Halbleiterindustrie legte Clemens Winkler bereits 1886, als er das Germanium entdeckte und damit auch Mendelejews Periodensystem der Elemente bestätigte; bei etwas mehr Lokalpatriotismus würde die Welt heute vielleicht sogar von »Freibergium« reden. Alexander von Humboldt studierte hier für seine »Vermessung der Welt«, der Student Friedrich von Hardenberg wurde unter dem Dichternamen Novalis bekannt, Ferdinand Reich und Theodor Richter entdeckten hier das Indium, und schließlich hat Wilhelm August Lampadius vor mehr als 200 Jahren in Freiberg auch die erste Gaslaterne auf dem europäischen Kontinent entzündet. Aufgeklärte und fortschrittliche Beamte – egal ob kurfürstlicher, dann königlicher und auch späterer Landesregierungen bis zur heutigen Bundesregierung – hatten immer schon aus gutem Grund großes Interesse an Freiberg als Wissenschaftszentrum des Montanwesens für Sachsen und Deutschland. Die ganze Stadt ist geradezu ein Forum für Nachhaltigkeit, Ressourcen und Energie, und wenn es das Wort Cluster als Begriff für räumliche Ballung, als Netzwerk von Unternehmen und Institutionen der Wissenschaft, Forschung und Technologie einer Branche nicht bereits gäbe, hätte man es für diese einmalige Konzentration von mit Rohstoffen befassten Akteuren in Freiberg einfach erfinden müssen. Freiberg ist wieder auf gutem Weg zur bedeutenden Wissenschaftsstadt, hat mit dem deutsch-russischen Rohstoffforum internationalen Anklang gefunden, sodass nicht nur die Orgeln Silbermanns für den guten Klang des Namens »Universitätsstadt Freiberg«

¹ Vgl. B.-E. Schramm in: ACAMONTA 16 (2009), S. 15-20: Die Stadt Freiberg und ihre Technische Universität Bergakademie Freiberg; sowie: 19 (2012), S. 5-9: Freiberg und die Nachhaltigkeit. Rückblicke, Augenblicke – Einblicke, Ausblicke.

stehen. »Wissenschaft im Herzen der Stadt« – so lautete das Motto der »Nacht der Wissenschaft 2012« zum Jubiläum 850 Jahre Freiberg. Die Universität demonstrierte damit nicht nur im Campus, sondern mitten in der Stadt die besondere Beziehung zu ihrer Stadt, und ein »Herz aus Silber« steht als Jubiläumsmotiv seitdem symbolisch für die Geschichte und den Stellenwert, den Freiberg bis heute für ganz Sachsen hat. Die Bergakademie ist seit ihrer Gründung das den Herzschlag der Stadt bestimmende Element, auch wenn das erst in der Neuzeit ganz offiziell im Namen »Universitätsstadt Freiberg« deutlich geworden ist. Obwohl wir noch darum kämpfen müssen, dass dieser Name auch auf den Ortsschildern oder einem Autobahnschild zu lesen ist: Wissenschaft steht seit Jahrhunderten im Mittelpunkt Freiburger Geschehens und geht seit langem mit der Wirtschaft Hand in Hand. Heute findet die »Universitätsstadt« ihren Ausdruck auch in enger Zusammenarbeit von Rektorat und Stadt-

verwaltung, in gemeinsamen Vorhaben und Visionen. Die städtebauliche Anbindung des Campus an die Innenstadt wird mit verschiedenen Maßnahmen Schritt für Schritt weiter spürbar und sichtbar. Der Schloßplatz ist neu gestaltet, der vorgesehene Wissenschaftskorridor in Ansätzen verwirklicht, und ich hoffe, auch das Hörsaalzentrum im Schloßplatzquartier nimmt in absehbarer Zeit Gestalt an.

Die Technische Universität Bergakademie steht symbolisch für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Stadt Freiberg, die sich zum Uni-Jubiläum im architektonischen Flair einer nahezu komplett erhaltenen und sanierten Altstadt im Verbund mit vielfältigen Einrichtungen und Facetten bei Einzelhandel und Gaststätten als Gesamterlebnisort präsentiert. Mit fast 400 Gebäuden aus Spätgotik und Renaissance im geschlossenen Ensemble, mit zahlreichen Kulturdenkmälern sowie Sehenswürdigkeiten von europäischem Rang ist die Freiburger Altstadt einmalig in Sachsen – ein

wunderbarer Rahmen für das Jubiläum »250 Jahre TU Bergakademie Freiberg«, zumal deren Hauptgebäude und weitere Einrichtungen wichtige Bestandteile der Altstadt sind. Nachhaltig, glänzend, neu – sind die zentralen Werte der Technischen Universität Bergakademie, der nationalen Ressourcen-Universität Deutschlands. Nachhaltig, glänzend und neu präsentiert sich heute auch angemessen die Stadt Freiberg, von ihrer Geschichte geprägt, familienfreundlich, modern und vielseitig. Und zum Jubiläum wird es nun endlich auch amtlich. Fast zwei Jahrzehnte nur »geduldeter« Namenszusatz, darf sich Freiberg nun auch offiziell »Universitätsstadt« nennen. Ich freue mich auf den Moment, wo wir das erste Ortsschild mit diesem wegweisenden Namen aufstellen. Es ist doch schön, wenn eine Universität eine ganze Stadt hat, deren Bürgerschaft mit berechtigtem Stolz 2015 zahlreiche Gäste und Freunde aus aller Welt erwartet.

Glück auf!

Die Bergakademie Freiberg – Geschichte und Ausblick aus der »väterlichen« Sicht des Sächsischen Oberbergamtes

Bernhard Cramer, Reinhard Schmidt

Mitte des 16. Jahrhunderts wurde im Zuge einer systematischen Reform der sächsischen Verwaltung durch Herzog Moritz von Sachsen das Oberbergamt in Freiberg gegründet. Mit wechselnden Aufgaben und unter sich verändernden Rechtssystemen hat das Sächsische Oberbergamt seither den Bergbau in Sachsen geordnet und mitgestaltet. Den jeweiligen Herausforderungen eines ertragreichen und sicheren Bergbaus geschuldet, wurden vom Oberbergamt immer wieder technische, soziale, wirtschaftliche und rechtliche Innovationen angeregt und umgesetzt. Dabei spielte die Ausbildung der Berg- und Hüttenleute eine wesentliche Rolle. Aus heutiger Sicht ist die Gründung der Bergakademie Freiberg auf Vorschlag von Generalbergkommissar Friedrich Anton von Heynitz und Oberberghauptmann Friedrich Wilhelm von Opper im November 1765 eine der wichtigsten Entwicklungen, die vom Oberbergamt angeregt wurden. 250 Jahre nach Gründung sind die TU Bergakademie und ihr »Vater«, das Sächsische Oberbergamt, die beiden Institutionen, über die die historischen Wurzeln des

Erzbergbaus und die Funktion der alten Berghauptstadt Freiberg für den Bergbau des 21. Jahrhunderts fortwirken können.

Bereits lange vor der Gründung der Bergakademie Freiberg als erste montanwissenschaftliche Hochschule der Welt erfolgte eine Fachausbildung des berg- und hüttenmännischen Nachwuchses für Leitungsfunktionen durch das Oberbergamt. Insbesondere die Markscheide- und die Probierekunst stellten Anforderungen, die weit über das Handwerkliche hinausgingen. Die Ausbildung war kostspielig und musste von den Absolventen bezahlt werden. Seit 1617 sind dazu staatliche Stipendien für Landeskinder aktenkundig.

Zeitweise wurden in Kursachsen bis zu 80 % des Staatsbudgets durch den Bergbau erwirtschaftet. Trotz dieser wirtschaftlichen Relevanz gab es Probleme, geeignetes Fachpersonal (»Offizianten«) zu rekrutieren. Daher wurde 1702 auf Betreiben von Oberberghauptmann Abraham von Schönberg die Stipendienkasse eingerichtet. Mit Kostendeckung durch die Oberzehnten- und Oberhüttenkasse konnte die Fachausbildung nun von der Staatskasse getragen werden. Auch im

Weiteren stützte sich die Ausbildung in Mineralogie, Metallurgie, Probierekunst, Markscheidekunst, Bergbau und Bergrecht auf Beamte des Oberbergamtes. Im Jahr 1733 wurde für Bergrat Henckel auf Staatskosten ein Laboratorium auf der Fischerstraße errichtet, in dem auch Michael W. Lomonossow seine Ausbildung erfuhr. Insgesamt kamen 128 Kandidaten in den Genuss der Ausbildung, verpflichtet für einen Eintritt in den sächsischen Dienst.

Die alten Universitäten hatten bis ins 18. Jahrhundert hinein kein Interesse an technischen Lehrinhalten. Nur vereinzelt wurden entsprechende Kollegien – in Halle und Prag – abgehalten, die mit den Universitätsleitungen aber nicht immer abgestimmt waren. Bereits im Jahr 1710 schlug die Stadt Freiberg die Gründung einer »Augustus-Universität« vor, die an voraussichtlich zu hohen Kosten scheiterte. 1716 wurden in Joachimsthal (heute Jachymov, Tschechische Republik) und 1735 in Schemnitz (heute Banská Stianiza, Slowakei) Bergschulen gegründet, die jedoch keinen Hochschulcharakter besaßen. 1725 regte Bergwerkskommis-

sar Leopold die Bildung eines »Gymnasium Metallicum Mechanicum« an; sein früher Tod verhinderte aber die Umsetzung dieses Vorschlages. 1726 unterbreitete der Leipziger Privatdozent Seyffert den Vorschlag zur Gründung einer Bergwerksakademie in Bräunsdorf. Das Oberbergamt lehnte ab, weil Seyffert sich selber als Leiter ins Spiel gebracht hatte. Die konkreteste Gründungsinitiative für eine obersächsische Bergakademie von Carl Friedrich Zimmermann datiert ins Jahr 1746. Diese wurde später für den Gründungsakt der Bergakademie als Modell herangezogen.

Prinzregent Xaver stimmte am 13. November 1765 mündlich und am 21. November schriftlich der von Generalbergkommissar Friedrich Anton von Heynitz und dem Freiburger Oberberghauptmann Friedrich Wilhelm von Oppel vorgeschlagenen Gründung einer Bergakademie in Freiberg zu. Der Oberberghauptmann stellte dazu sein Wohnhaus in der damaligen Futtergasse, der heutigen Akademiestraße 6, zur Verfügung. Dieses dient bis in die Gegenwart als Hauptgebäude der TU Bergakademie, als Sitz des Rektorats und der Verwaltung. Zudem wurden von Oppels Bibliothek und seine umfangreiche Mineraliensammlung durch den Staat für die Bergakademie erworben. Zu Pfingsten 1766 begann der Lehrbetrieb in fünf Fächern für die ersten 19 Studenten, deren erster der spätere Oberberghauptmann von Trebra war. Als Teil des Bergstaats unterstand die Bergakademie dem Oberbergamt im Sinne einer Behördenhochschule. Kuratoren waren in der Folge die Leiter des Oberbergamtes von Oppel, von Ponickau, von Heynitz, von Trebra, von Herder, Freiesleben und von Beust. Der Bergrat des Oberbergamtes, Abraham Gottlob Werner, war ab 1775 als Akademieinspektor eingesetzt und von 1791 bis 1819 faktisch Direktor der Bergakademie. Durch diesen begnadeten Lehrer für Geologie, Mineralogie und Bergbaukunde gelangte die Bergakademie zu Weltruhm und zog die berühmtesten Studenten ihrer Geschichte nach Freiberg: Alexander von Humboldt, Theodor Körner und Friedrich von Hardenberg (Novalis).

Im Jahr 1868 trat unter Oberberghauptmann Friedrich Constantin Frh. von Beust das neue Sächsische Allgemeine Berggesetz in Kraft. Damit wurde im Zuge der Industrialisierung das Direktionsprinzip des Bergbaus durch das Inspektionsprinzip ersetzt. Dem so



Das Sächsische Oberbergamt in der Kirchgasse 11, Freiberg

gestutzten Einfluss der Bergbehörde entsprechend wurde das Oberbergamt in der Folge zum Bergamt umstrukturiert. Damit einher ging 1869 die Bildung einer Bergakademie-Direktion mit den Mitgliedern Oberbergrat von der Planitz, Prof. Julius Weisbach und Prof. Scheerer sowie ab 1871 Prof. von Cotta. Im August 1871 wurde die neue Direktorsverfassung der Bergakademie Freiberg eingeführt. Somit reduzierte sich auch der direkte Einfluss der Bergverwaltung auf die Bergakademie. Mit Einführung des Wahlrektorats im Jahr 1899 und dem ersten Rektor, Professor Adolf Ledebur, begann eine neue Ära, als deren Repräsentant heute Prof. Dr. Bernd Meyer als 43. Rektor steht.

Per Befehl Nummer 323 des obersten Chefs der Sowjetischen Militäradministration vom 20. November 1946 wurde das Sächsische Oberbergamt in Freiberg aufgelöst und durch »Technische Büros der Brennstoffindustrie«, später »Technische Bergbauinspektionen (TBI)« ersetzt. 1959 erging nach einer Häufung von Unfällen im Bergbau der Beschluss des Ministerrates der DDR, eine Oberste Bergbehörde in Leipzig zu errichten, der zunächst acht Bergbehörden nachgeordnet waren. Die Bergakademie als Basis für den Wiederaufbau der Grundstoffindustrie blieb in Freiberg erhalten. Nach dem Krieg begann hier am 16. Juni 1945 der provisorische Vorlesungsbetrieb. Am 8. Februar 1946 erfolgte die offizielle Wiedereröffnung durch den Präsidenten der deutschen Zentralverwaltung Ener-

gie, Ferdinand Friedensburg, und eine nochmalige Wiedereröffnung im November 1946 durch den Präsidenten der Hauptverwaltung Brennstoffe, Gustav Sobottka. In dieser Zeit gelangten die ehemalige Gangstufensammlung des Oberbergamtes sowie vorübergehend auch dessen Bibliothek und Archiv an die Bergakademie.

Nach der Wiedervereinigung brach der Staatsbergbau der DDR, insbesondere der auf Uran und andere Metallerze und in weiten Teilen auch auf Braunkohle, zusammen. Große Aufgaben für Bergverwaltung und Bergakademie standen an und wurden in Angriff genommen. Am 15. Dezember 1991 wurde dazu das Sächsische Oberbergamt wieder am alten Standort auf der Kirchgasse als Landesoberbehörde etabliert. Seit dieser Zeit entwickelte sich erneut eine intensive Zusammenarbeit zwischen Oberbergamt und Bergakademie. Bereits frühzeitig wurde gemeinsam in Gremien am Standort sowie überregional gearbeitet. Landeseigene Liegenschaften werden, über Rahmenverträge geregelt, gemeinsam genutzt. Seitens der Bergakademie wurden für das Oberbergamt zahlreiche Gutachten für die Bereiche Bergbau, Geotechnik und Hydrogeologie erstellt, hier vor allem mit Blick auf die Braunkohlenreviersanierung, sowie zu Wirtschaftlichkeitsfragen. Aus der Arbeit des Oberbergamtes heraus resultierten die Anregung und Begleitung einer Reihe von Diplom- und Doktorarbeiten. Über die Mitwirkung in Berufungskommissio-

nen, Prüfungskommissionen und durch Beisitzertätigkeit, durch Lehrtätigkeit, insbesondere auf den Gebieten Bergrecht und Bergbausicherheit, sowie durch die Verbindung von Bergbaupraktika mit der Beflissenenausbildung bringt sich das Oberbergamt zusätzlich in die Belange der TU Bergakademie ein. 1994 wurde der Präsident des Oberbergamtes, Prof. Schmidt, in das neu gebildete Kuratorium der Bergakademie als Mitglied berufen und zum Vorsitzenden gewählt. Im Februar 2010 erfolgte auf der Grundlage des neuen Hochschulgesetzes die Einberufung des Hochschulrates mit erweiterten Funktionen und Verantwortlichkeiten. Als Vorsitzender wurde wiederum Prof. Schmidt gewählt, der damit den Aufsichtsgremien der Universität seit nunmehr 20 Jahren vorsteht.

Mit dem Selbstbewusstsein der ältesten Bergakademie der Welt und einer inhaltlichen, über 250 Jahre hinweg verfolgten Konsequenz sieht sich die TU Bergakademie Freiberg im Jubiläumsjahr 2015 als führende Ressourcenuniversität Deutschlands und eine der führenden in der Welt. Dabei bieten sich ihr derzeit weitreichende Möglichkeiten, die sich auch aus der Entwicklung des Bergbaus weltweit und im Freistaat Sachsen ergeben. Anders als noch vor zehn Jahren gedacht, ist beispielsweise ein Abschluss der sehr umfangreichen Sanierungsarbeiten im Uran- und Braunkohlebergbau Sachsens mittelfristig nicht absehbar. Hier stehen mit langfristig aufrechtzuerhaltender Wasserreinigung und den andauernden Problemen der Kippenstabilität in den Braunkohlerevieren auch große wissenschaftlich-technische Herausforderungen an. Mit dem Anstieg der Rohstoffpreise im Zuge des turbulenten Weltwirtschaftswachstums zu Beginn des 21. Jahrhunderts erregten sächsische Erz- und Spatlagerstätten wieder die Aufmerksamkeit von Bergbauunternehmen. In der Folge geht – nach gut 20 Jahren ohne Erz- und Spatbergbau in Sachsen – eine Welle unternehmerischer Lagerstätten erkundung über das Land. In Niederschlag wurde im November 2013 das erste neue Untertagebergwerk eröffnet, und der Freistaat ist bemüht, günstige Rahmenbedingungen für eine weiterhin erfolgreiche Wiederbelebung des Bergbaus zu setzen. Dieses neue sächsische Berggeschrey mit seinen Möglichkeiten der Einbindung wissenschaftlicher Expertise ist nur ein Abbild des weltweiten Bergbau-Booms. Hier ergeben sich für



Neuer Bergbau in Sachsen: Spatgang im Bergwerk Niederschlag

die Universität große Chancen, auch ihr internationales Profil zu schärfen.

Sowohl die Bergbau- und Sanierungsbetriebe als auch die Verwaltung, vorweg das Oberbergamt, stehen in den kommenden Jahren vor einem Generationswechsel. Das personelle Rückgrat des Bergbaus, die noch aktiven Hochschulabsolventen mit bergmännischer Erfahrung von der Pieke auf, scheiden bald altersbedingt aus. Eine fundierte, moderne Ausbildung im Bergbau, in der Geotechnik, im Markscheidefach, in den Geowissenschaften durch die TU Bergakademie heute sichert diesen Wechsel der Fachkräftegeneration, um den kommenden Aufgaben gerecht zu werden. Während andere Hochschulen sich in dieser Lage erst wieder auf den Bergbau zurückbesinnen müssen, hat sich die TU Bergakademie mit ihren Kompetenzen, Kapazitäten und ihrer Kontinuität bei all diesen Entwicklungen bereits in vielerlei Hinsicht eingebracht. Die historisch gewachsene Basiskompetenz der Bergakademie im Bergbau gilt es zu erhalten und weiter zu stärken.

Dabei steht die TU Bergakademie in Freiberg nicht im Bergfreien. Der Standort Freiberg bietet auch nach Jahrhunderten vielfältiger industrieller Entwicklung eine sehr günstige Konstellation für die Kooperation mit Partnern für die TU und das Oberbergamt auf allen Ebenen.

Zusammen mit dem Bergarchiv, dem Geologischen Landesdienst, dem Berufsschulzentrum Julius Weisbach, leistungsstarken Ingenieurbüros sowie Bergsicherungs- und Bergbaubetrieben ist ein breit aufgestelltes Freiburger Netzwerk etabliert, das sich am 6. März 2002 zum Geokompetenzzentrum e.V. (GKZ) konstituierte. Heute gehört das GKZ zu den größten und erfolgreichsten Netzwerken dieser Art in Sachsen mit bundesweiter und internationaler Ausstrahlung.

Folgerichtig für diese Entwicklung, auch im nationalen Maßstab, war die Ansiedlung einer Institution für die Großforschung auf dem Gebiet der mineralischen Rohstoffe. Hier ist es vor allem dem heutigen Rektor, Prof. Bernd Meyer, zu verdanken, dass dieses Zentrum in Freiberg angesiedelt werden konnte. Im Beisein der Bundeswissenschaftsministerin Annette Schavan und des sächsischen Ministerpräsidenten Stanislaw Tillich wurde am 29. August 2011 das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) gegründet. Das Institut, das zum Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf gehört, hat sich mittlerweile erfolgreich etabliert. Mit diesem Partner eröffnen sich der TU Bergakademie und dem Montanstandort Freiberg neue Entwicklungschancen für nationale und internationale Kooperationen in Bildung, Forschung und Wirtschaft. Mitbestimmend für die Zukunft des Profils der Universität wird auch die weitere Entwicklung des Forschungs- und Lehrbergwerks Reiche Zeche sein. Ein zeitgemäßer Ausbau dieser einmaligen Infrastruktur erfordert ein intensives Engagement, gewährleistet dafür aber eine starke Alleinstellung in der montantechnischen Ausbildung und Forschung weit über Deutschlands Grenzen hinaus.

Aus »väterlicher« Sicht ist zusammenzufassen, dass die Bergakademie Freiberg in den vergangenen 250 Jahren erwachsen geworden ist. Sie hat die turbulente Entwicklung des Bergbaus in Sachsen und darüber hinausreichend mit der notwendigen angewandten Forschung und Entwicklung begleitet und mitgeprägt. Für den Bergbau und das Hüttenwesen hat sie hervorragende Fachleute ausgebildet. Mit dem Wiedererwachen des Erz- und Spatbergbaus steigen die Anforderungen an die Bergakademie, aber auch ihre Attraktivität. Wenn es die TU Bergakademie noch nicht gäbe, müsste das Oberbergamt heute ihre Gründung fordern.

Strategische Partnerschaft BGR – TU Bergakademie Freiberg

Hans-Joachim Kämpel

Montanuniversitäten richten ihr Augenmerk auf Bodenschätze, die Ressourcen des geologischen Untergrundes. Die TU Bergakademie Freiberg widmet sich diesen Schätzen bekanntlich in großer Breite – in Forschung und Lehre. Als weltweit Erste hat sie mit der Ausbildung von Fachleuten für die Erschließung nutzbarer Vorkommen des Untergrundes begonnen, und dies war, wie die Gründung weiterer Montanhochschulen in der Folgezeit gezeigt hat, ein wegweisender Schritt. Er findet seine Berechtigung nicht zuletzt in dem Umstand, dass der geologische Untergrund außerordentlich vielfältig ist – in seiner stofflichen Zusammensetzung, seinem physikalisch-chemischen Zustand und deren zeitlichen Veränderungen, die auf unterschiedlichen Zeitskalen ablaufen. Gründe genug, Expertenwissen zu bündeln, fortzuentwickeln, weiterzuerweitern und voneinander zu lernen.

Die unmittelbare, bedarfsorientierte Anwendung solchen Wissens ist eine originäre Aufgabe der Staatlichen Geologischen Dienste, so auch der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR; *Abb. 1*). Beispielhaft seien genannt die Erkundung von Energierohstoffen und mineralischen Rohstoffen zu Lande und zur See, die Darstellung und Bewertung von Rohstoffpotenzialen und Versorgungsrisiken, Beratungen zum nachhaltigen Umgang mit Grundwasser und Böden, die Nutzung des Untergrundes als Wirtschafts- und Speicherraum und die Abschätzung und Minderung geogener Gefahren und Risiken. Als Kompetenzbehörde des Bundes, zuständig für die Beratung der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft, ist die BGR darauf angewiesen, immer die neuesten Methoden und Verfahren in ihr Wissensrepertoire aufzunehmen und aktuellste Erkenntnisse aus nahezu allen Disziplinen der Geowissenschaften in ihren Beratungsleistungen zu verwenden.

Da ist es nicht verwunderlich, dass die TU Bergakademie Freiberg und die BGR einen regen wissenschaftsfachlichen Austausch pflegen und dies auch vertraglich vereinbart haben. Im Rahmen der den beiden Einrichtungen obliegenden Aufgaben und Tätigkeiten erstreckt sich die Zusammenarbeit auf das Ermöglichte von Gastaufenthalten zur Gewinnung von

Berufserfahrung für Absolventen der TU Bergakademie Freiberg, auf Anregungen zu Themen für Master- und Doktorarbeiten, die Planung, Beantragung und Durchführung gemeinsamer Projekte in Forschungsschwerpunkten, die Erteilung von Lehraufträgen an Wissenschaftler/innen der BGR, das Einbeziehen von Beschäftigten der BGR in Fortbildungsveranstaltungen, die Nutzung von beim jeweiligen Vertragspartner vorhandenen Geräten und Anlagen sowie auf die wechselseitige Überlassung von Material und Daten für die wissenschaftliche Forschung. Ein aktuelles Beispiel hierfür ist die 2013/14 gemeinsam durchgeführte aerogeophysikalische Vermessung ausgewählter Areale des sächsischen Erzgebirges unter Einsatz des BGR-Hubschraubers [Osbarh et al., 2013]. Inhaltlich umfasst die Zusammenarbeit Fachgebiete von der Erkundung und Aufbereitung von Rohstoffen des Untergrundes, der Mineralogie und Lagerstättenforschung, über die Bodenkunde, Hydrogeologie, Geobioteknologie und Geomikrobiologie, die

Geochemie inkl. Isotopengeochemie, die Geophysik, Geothermie, Ingenieurgeologie, Kohlendioxidspeicherung bis hin zur Tektonik, Strukturgeologie und zur Fernerkundung.

Deutschland steht als Industriestandort bei Fragen der Rohstoffversorgung dauerhaft vor großen Herausforderungen. Die zu Recht erwarteten hohen Standards an Rohstoffeffizienz und ökologischer Verträglichkeit erfordern Kenntnisse und Handlungsempfehlungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Die Gewinnung von Rohstoffen kann Umweltrisiken mit sich bringen, mitunter auch soziale Konflikte. Eine nachhaltige Rohstoffnutzung unter Verwendung auch bereits gebrauchter Wertstoffe ist somit wesentlich für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Volkswirtschaft. Eine politische Antwort hierauf ist die Rohstoffstrategie 2010 der Bundesregierung [BMW, 2010]. Ihre Umsetzung hat unter anderem dazu geführt, dass noch 2010 die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) an der BGR gegründet wurde, 2011 das Helmholtz-Institut für Ressourcentechnologien in Freiberg (HIF).

Damit sind gute Grundlagen und die Gelegenheit gegeben, der Ausbildung von qualifizierten Nachwuchswissenschaftlern



Abb. 1: Die BGR im Geozentrum Hannover

wie auch der Aus- und Weiterbildung von Fach- und Führungskräften – nach Jahren des Rückgangs entsprechender Angebote – wieder ein stärkeres Gewicht zu verleihen. Hierbei sind letztlich alle montanwissenschaftlich ausgerichteten Hochschulen und die anderen in der Geo- und Rohstoffforschung tätigen wissenschaftlichen Institutionen gefragt. Die BGR nimmt sich dabei nicht aus und bietet Nachwuchskräften Möglichkeiten, Berufspraxis zu erwerben und wissenschaftliche Arbeiten im Rahmen der Aufgaben eines internationalen tätigen Geologischen Dienstes durchzuführen, und sie leistet Transfers von geowissenschaftlichem Know-how in zahlreichen Projekten der Technischen Zusammenarbeit mit Drittländern.

Wünschenswert ist darüber hinaus die Stärkung eines neuen Rohstoffbewusstseins durch Vermittlung von Fachwissen an die in diesem Sektor handelnden Menschen. Nur wenn sich Fach- und Führungskräfte übergreifend mit Fragen der nachhaltigen Rohstoffgewinnung und

der Rohstoff- und Materialeffizienz beschäftigen, können die sich bietenden wirtschaftlichen Chancen einer Green Economy genutzt werden. Dies kann durch ein modernes, fächerübergreifendes und nachfragegerechtes Aus- und Weiterbildungsangebot für in- und ausländische Fach- und Führungskräfte gefördert werden. Hierzu bietet gerade die Partnerschaft zwischen der TU Bergakademie Freiberg und der BGR eine geeignete Perspektive. Erzielen ließen sich beispielsweise

- eine Stärkung der rohstoffabhängigen deutschen Wirtschaft durch exzellente ausgebildete und interkulturell befähigte Fach- und Führungskräfte,
- eine Unterstützung der internationalen Rohstoffpartner beim Aufbau von verantwortungsvollem Rohstoff-Know-how,
- die Schaffung anspruchsvoller Ausbildungsstandards, verbunden mit einer Erhöhung der Attraktivität eines Studiums in den Montanwissenschaften,
- eine Ergänzung der Beratungskom-

petenzen der BGR durch Verzahnung mit universitärer Aus- und Weiterbildung und

- eine Stärkung der Leistungsfähigkeit und internationalen Sichtbarkeit der deutschen Rohstoffkompetenzen durch gemeinsame Außenauftritte in Aus- und Weiterbildung.

Wichtige Elemente könnten Lehrveranstaltungen und praktische Übungen an verschiedenen Standorten sein – begleitet durch ein modernes E-Learning-Angebot. Eine spannende und lohnende Aufgabe für die Zukunft. Auf geht's, BGR und TU Bergakademie Freiberg.

Glückauf!

Literatur:

- BMWi (2010). Rohstoffstrategie der Bundesregierung. 27 S. [<http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/rohstoffstrategie-der-bundesregierung>]
- Osbahr, I., Buske, S., Spitzer, K., Eiermann, M., Siemon, B., Meyer, U., Gutzmer, J., Gloaguen, R., Stein, S., Lehmann, U. (2013). Heimische Rohstoffpotenziale II – E3, Rohstofferkundung im Erzgebirge mittels Geophysik. – ACAMONTA, 20 (2013), S. 28–30.

Kooperationspartnerschaft: Die Helmholtz-Gesellschaft und die TU Bergakademie

Bernd Meyer, Roland Sauerbrey, Jens Gutzmer

TU Bergakademie Freiberg als nationale Ressourcenuniversität

Die Technische Universität Bergakademie Freiberg trägt den Namenszusatz »Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.«. Sie ist die älteste montanwissenschaftliche Hochschule der Welt und ein nationales Zentrum im Bereich Ressourcen- und Montanwissenschaft. Als nationale Ressourcenuniversität leistet sie einen essenziellen Beitrag für Lehre und Forschung für eine nachhaltige Versorgung der Gesellschaft mit Rohstoffen und Energie – in Deutschland und in Europa. Von der Untersuchung der Geomaterialien über die Erkundung neuer Lagerstätten bis hin zur nachhaltigen Nutzung und zum Recycling ist die Bergakademie auf diesem Gebiet führend in Europa. Die Kernfelder Geo, Material, Energie und Umwelt, kurz GEOMATENUM, geben der Hochschule dabei ein unverwechselbares Profil. International ist die TU Bergakademie Freiberg beispielsweise über das Weltforum der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit bestens vernetzt.

Der Rohstoffstrategie der Bundesregierung folgend, versteht es die Hochschule als Aufgabe und Anspruch zugleich, zum einen ihren Beitrag zur Sicherstellung der Rohstoffversorgung des Landes zu leisten und zum anderen die Rohstoff-Experten von morgen auszubilden und weiterzuqualifizieren. In den Gebieten Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften bietet die TU Freiberg über 60 Studiengänge an, von denen viele interdisziplinär miteinander verbunden sind. Aktuell studieren an der Hochschule 5.575 Studenten (Stand: Dezember 2013). Der Anteil ausländischer Studierender, die aus 82 Ländern zu uns kommen, liegt bei 13 Prozent und ist damit im sächsischen Vergleich sehr hoch.

Die TU Bergakademie hat sich als das wissenschaftliche Zentrum der Ressourcenforschung in Deutschland profiliert und bedeutende Forschungsprojekte umgesetzt. Dazu gehören u. a. Projekte der Deutschen Forschungsgemeinschaft (SFB 799 TRIP-Matrix Composite, SPP 1204 Umformtechnik, SPP 1418 FIRE, SPP 1473 verbesserte Lithium-Ionen-

Batterien) und der Sächsischen Exzellenzinitiative (Hochleistungswerkstoffe – ADDE). Besonders erfolgreich war die Universität auch bei der Mitteleinwerbung beim Bundesministerium für Bildung und Forschung zur Etablierung von Spitzenforschungszentren im Bereich der Kohlenstoff-Forschung (Virtuhcon, Deutsches Energie-Rohstoff-Zentrum Freiberg). Darüber hinaus wird mit Stiftungsmitteln der Krüger-Stiftung das Biohydrometallurgische Zentrum für strategische Elemente finanziert. Im Jahr 2010 wurde die Lithium-Initiative gegründet, deren deutschlandweit einmalige Kompetenz über die gesamte Wertschöpfungskette des Elements Lithium reicht.

Rohstoffstrategie der Bundesregierung

Als starke Industrienation verdankt Deutschland seinen Wohlstand vor allem der Produktion sowie dem Export von Waren und Gütern. Um einen hohen Standard auch weiterhin zu halten, müssen Rohstoffe zur Entwicklung und Fertigung von Hochleistungstechnologien verläss-

lich verfügbar sein. Doch gerade in diesem Bereich – bei den metallischen Rohstoffen – ist Deutschland in der Regel zu 100 % von Importen abhängig. Zudem sind die verfügbaren natürlichen Rohstoffe von zunehmend schlechter Qualität – deshalb sind eine nachhaltige und effiziente Verwendung sowie das Recycling immanent wichtig. Auch dafür bedarf es Spitzenforschung und neuer Technologien.

Um die Rohstoffversorgung auch in den kommenden Jahren zu sichern, hat die Bundesregierung zusammen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Oktober 2010 eine Rohstoffstrategie erarbeitet und verabschiedet. So hat das BMBF-Forschungsprogramm »Wirtschaftsstrategische Rohstoffe« das Ziel, Forschung, Entwicklung und Ausbildung entlang der gesamten Wertschöpfungskette der mineralischen Rohstoffe in den nächsten fünf bis zehn Jahren zu fördern. Neben Technologieentwicklung und Wissenstransfer geht es dabei auch um die stärkere Verknüpfung von angewandter Forschung und Grundlagenforschung. Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung richtet sich an Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Wirtschaftsunternehmen. Weitere Handlungsschritte auf dem Weg zur Rohstoffsicherung hat die Bundesregierung in diesem Programm klar definiert:

- Verbesserung des Zugangs zu Rohstoffen sowie Ausweitung der Bezugsquellen
- Förderung von Innovationen durch Rohstoffforschung und -entwicklung
- Aufbau von Rohstoffpartnerschaften

Die TU Bergakademie Freiberg nimmt im Rahmen der Rohstoffstrategie des Bundes eine besondere Stellung ein, denn hier wird an den aktuellen Fragen und großen Herausforderungen der bevorstehenden Ressourcenwende seit vielen Jahren aktiv und anwendungsorientiert geforscht.

Die Gründung des Helmholtz-Instituts für Ressourcentechnologie am Standort Freiberg war ein weiterer, wichtiger Meilenstein in Richtung Rohstoffsicherung.

Integrationskonzept des Helmholtz-Instituts Freiberg

Einbindung in die TU Bergakademie Freiberg

Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) wurde als nationales Institut im Jahr 2011 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie den Freistaat Sachsen gegründet. Es erforscht und entwickelt Technologien für die nachhaltige Versorgung der deutschen Volkswirtschaft mit dringend benötigten mineralischen, insbesondere metallhaltigen Rohstoffen. Das HIF war von Anfang an als ein an das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) angegliedertes Helmholtz-Institut mit Standort Freiberg geplant. Denn so profitiert das HIF sowohl von den Ressourcenkompetenzen der TU Bergakademie Freiberg als auch von der grundlagenstarken und strukturellen Forschungskompetenz des HZDR (vgl. Abb. 1). Auch von nationalen und internationalen Spitzenforschungsprojekten kann das Helmholtz-Institut so profitieren. Das HIF wiederum verstärkt seit 2011 die beachtliche Forschungskompetenz der Universität in mathematisch-naturwissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Fragestellungen entlang der Rohstoff-Wertschöpfungskette.

Strategische Einbindung in die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

Das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie schließt eine wichtige Lücke in der außeruniversitären Forschungslandschaft in Deutschland. Diese offensichtliche Lücke im Bereich der mi-

neralischen und metallhaltigen Rohstoffforschung ist die logische Konsequenz der bewussten Abwendung von Forschungsstrategien und Förderinstrumenten über eine Zeitspanne von mehr als zwei Dekaden. Allerdings bietet die außeruniversitäre Forschungslandschaft – und hier insbesondere die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren – vielfältige Kompetenzen mit hoher Relevanz für Rohstoff- und Ressourcenforschung. Eingebettet in dieser Gemeinschaft ist es die Mission des HIF, neuartige Technologien durch wertstoffkettenübergreifende Forschung zu entwickeln, die eine ressourcen- und zugleich energieeffiziente Nutzung komplexer mineralischer und metallhaltiger Rohstoffe ermöglichen.

Die Mission des HIF lässt sich nur in einer strategisch-programmatisch organisierten und interdisziplinär aufgestellten, außeruniversitären Forschungseinrichtung mit einem starken universitären Partner verwirklichen. Den Rahmen hierfür bietet die Helmholtz-Gemeinschaft mit dem Instrument der Helmholtz-Institute. Ziel aller Helmholtz-Forschung ist es, Lösungen für langfristige, gesellschafts- und wirtschaftspolitisch relevante Fragestellungen zu finden und Vorsorgeforschung zu betreiben. Mit seinem klaren Fokus auf Energie- und Ressourceneffizienz bei der Produktion und dem Recycling von metallischen Rohstoffen ist das HIF im Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft angesiedelt. Dafür sprechen sowohl die programmatische Ausrichtung des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR), dem das HIF angehört, als auch die Tatsache, dass Hochtechnologie-Metalle (beispielsweise Gallium, Indium, Germanium, Seltenerd-Metalle) für moderne Energiesysteme benötigt werden. Die Klammer, die das HIF zudem mit der Materialforschung am HZDR verbindet, sind ausgefeilte analytische Methoden sowie aktuelle Fragen zum Anwendungspotenzial bisher kaum verwendeter Metalle für neue Materialkombinationen oder

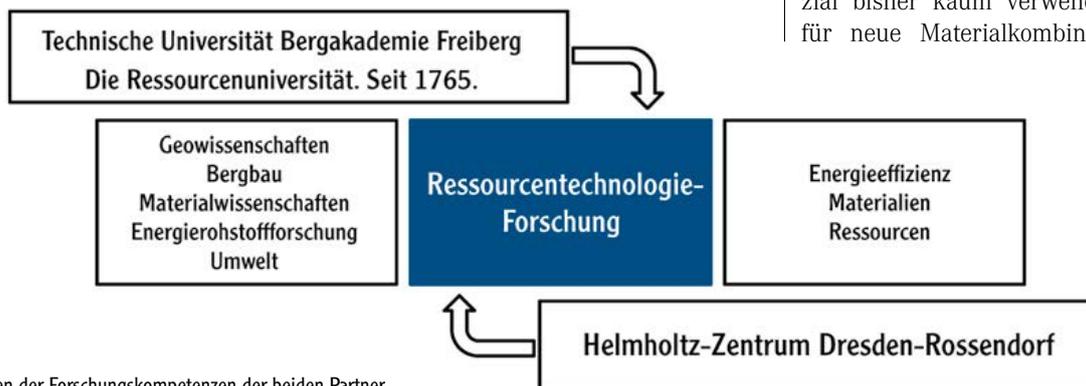


Abb. 1: Synergien der Forschungskompetenzen der beiden Partner

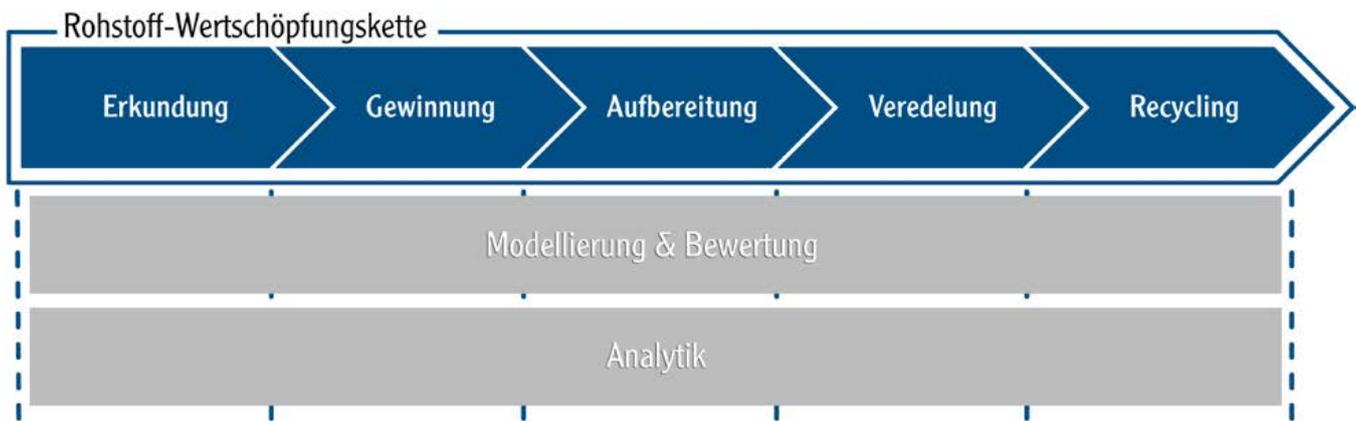


Abb. 2: Das Helmholtz-Institut Freiberg erforscht und entwickelt Technologien entlang der gesamten Rohstoff-Wertschöpfungskette

zur Substitution seltener Metalle durch solche, die häufiger vorkommen. Somit erweitert das HIF die breite Palette an Themen aus der Energie- und Materialforschung, wie sie am HZDR, aber auch an weiteren der insgesamt 18 Helmholtz-Zentren bearbeitet wird.

Das HIF wird als Institut des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf zu 90 Prozent vom Bund und zu 10 Prozent vom Sitzland Sachsen gefördert. Das HZDR hat an seinen insgesamt vier Standorten und mit mehr als 1.000 Mitarbeitern den Forschungsbereich Energie in den letzten Jahren erheblich erweitert. In Kooperation mit der Bergakademie Freiberg bietet sich dem HIF damit die Chance, in integrierenden Projekten Ressourcenforschung zu betreiben und so gemeinsam zu erfolgreichen Lösungsstrategien zu gelangen. Die HIF-Forscher haben über das Helmholtz-Zentrum Zugang zu teils einzigartiger Infrastruktur, wie der Rossendorfer Beamline am Europäischen Synchrotron in Grenoble oder dem 6-Megavolt-Beschleuniger im Ionenstrahlzentrum des HZDR, wo sie Beschleunigermassenspektrometrie (AMS) betreiben können und derzeit ein SuperSIMS (Sekundärionenmassenspektrometer) aufbauen.

Auf dem Gebiet der Ressourcentechnologie forscht das HZDR an gleich zwei Instituten: am HIF sowie am Institut für Ressourcenökologie.

Die Biohydrometallurgie-Forscher und -Labore konnte das HIF von seinem Schwesterinstitut übernehmen, das zudem seine Kernkompetenzen zum reaktiven Transport von Metallen in geologischen Systemen sowie zur Geochemie weiter passfähig ausgebaut hat. Das betrifft vor allem Forschungen zur quantitativen Analytik von Metallen und zur

Bestimmung der Bindungsform und des Transports der Metalle in geologischen Systemen, aber auch die Entwicklung von Verfahren zur Separation von niedrigkonzentrierten Metallen aus komplexen Rohstoffen.

Geometallurgie und Flotation dagegen zählen klar zu den Kernkompetenzen des HIF und der TU Bergakademie Freiberg. Auch hier wird in absehbarer Zeit Rossendorfer Know-how in die HIF-Forschung fließen, etwa wenn es um Ausstattung und Betrieb der geplanten Technika geht. So verfügt das HZDR-Institut für Fluidynamik über einzigartige Messtechnik und exzellentes Grundlagenwissen, was beispielsweise Mehrphasenströmungen und deren Modellierung angeht. Die Arbeit des HIF, die sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette ausrichtet, kann somit ideal von den HZDR-Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Energie- und Materialforschung im Rahmen der Helmholtz-Gemeinschaft profitieren.

Im Rahmen der engen Kooperation in der Helmholtz-Gemeinschaft entwickeln die Forscher des HIF auch Schnittstellen zu relevanten Partnern in anderen Zentren. Dies geschieht mit dem Ziel, gemeinsam neue Kompetenzen in der Rohstoffforschung aufzubauen und dabei Synergien zu realisieren. Ein geeignetes Beispiel ist die Schnittstelle »Mineralische Rohstoffe«, die das HIF gemeinsam mit den Helmholtz-Zentren Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) und GEOMAR als Querschnittsthema in der Programmatik der Helmholtz-Gemeinschaft aufbaut. Um ein zweites Beispiel zu nennen: Gemeinsam mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig (UFZ), den Kollegen der Ressourcenökologie des HZDR und Wissenschaftlern

der TU Bergakademie Freiberg forscht das HIF zur wirtschaftlichen und umweltgerechten Nutzung von Rückständen aus historischen Aufbereitungs- und Verhüttungsprozessen.

Integrative Spitzenforschung

In Freiberg und Dresden erforscht und entwickelt das Helmholtz-Institut – stets in enger Zusammenarbeit mit Partnern an der TU Bergakademie – innovative Technologien für eine energie- und ressourceneffiziente Nutzung komplexer mineralischer und metallhaltiger Rohstoffe. Hierbei steht die Technologieentwicklung für Rohstoffe der Hochtechnologiemetalle im Vordergrund. Im Folgenden sollen beispielhafte Projekte zur Erkundung und Analyse von Lagerstätten, zur Rohstoff-Aufbereitung aus Bergbauhalden, zum Einsatz biotechnologischer Verfahren sowie zur Rückgewinnung und zum Recycling vorgestellt werden.

Die richtigen Werkzeuge

Bei der Entwicklung neuer Ansätze für die Erkundung, Gewinnung und Nutzung mineralischer Rohstoffe kommt eine Vielzahl von Forschungstechnologien zum Einsatz. Aufbau und Betrieb der dazu notwendigen Forschungsinfrastruktur sowie die dafür nötige Kompetenz zählen zu den aktuellen Kernaufgaben des HIF. So hat sich die Abteilung für Erkundung eine moderne Flugdrohne angeschafft, die den Wissenschaftlern hochaufgelöste 3D-Visualisierungen der Erdoberfläche liefern soll. Zudem hat das HIF einen neuen Laborkomplex mit mehreren Großgeräten, wie beispielsweise einer Elektronenstrahlmikrosonde oder einem Rasterelektronenmikroskop, eingerichtet, um die Freiburger

Rohstoffcharakterisierung nachhaltig zu stärken. Zu den weiteren Infrastrukturbereichen, die das HIF zusammen mit Instituten der TU Bergakademie Freiberg und den Schwesterinstituten am HZDR aufgebaut hat, zählt u. a. das sog. SuperSIMS im Ionenstrahlzentrum des HZDR. Hinter diesem Akronym verbirgt sich eine an einen Teilchenbeschleuniger angeschlossene Ionenstrahlmikrosonde. Diese Kopplung soll es ermöglichen, Hochtechnologiemetalle auch in sehr geringen Konzentrationen in kleinsten Mineralkörnern nachzuweisen.

Heimische Geopotenziale

Bereits im Herbst 2013 startete das Forschungsprojekt »E³ – Rohstofferkundung im Erzgebirge«. E³ ist das erste aerogeophysikalische Erkundungsprojekt für mineralische Rohstoffe in Deutschland seit der deutschen Wiedervereinigung. Ziel der Kooperation zwischen HIF, TU Bergakademie Freiberg und der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR) ist es, mittels moderner geophysikalischer Verfahren das Rohstoffpotenzial des Untergrunds bis zu einer Tiefe von ca. 500 m zu erfassen. Alle relevanten Daten über Vorkommen, Ausdehnung und Lage von Erzkörpern, die im Aufsuchungsgebiet »Geyerscher Wald« erhoben werden, dienen der Erstellung eines geologischen 3D-Modells. Derzeit wertet die BGR die Daten aus einer ersten Befliegung aus. Wissenschaftler des HIF und der Bergakademie erstellen derweil ein vorläufiges geologisches Modell des Aufsuchungsgebiets, das auf den historischen Daten des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie aufbaut.

Das Verbundprojekt »SMSB – Gewinnung strategischer Metalle und anderer Mineralien aus Bergbauhalden« ist Teil einer großen, durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierten Fördermaßnahme zur Erschließung und Nutzung wirtschaftsstrategisch wichtiger Rohstoffpotenziale. Zusammen mit Partnern aus der Industrie haben die beteiligten Freiburger Wissenschaftler alle verfügbaren Informationen (beispielsweise Historie, Aufbereitung, Material-Herkunft) der zwanzig größten Haldenstandorte in Sachsen in einem Haldenkataster zusammengetragen. Die Tiefenbachhalde in Altenberg und die Halde Davidschacht in Freiberg sind zwei Haldenkörper, die durch Bohrungen im Detail erkundet wurden und aus denen

repräsentatives Probenmaterial entnommen worden ist. Im Vordergrund steht nun die Entwicklung von Technologiekonzepten, mit deren Hilfe wirtschaftsstrategische Rohstoffe sowohl ökonomisch als auch umweltschonend aus den Haldenkörpern gewonnen werden können.

Innovative Aufbereitungsstrategien

Wie jedes andere natürliche Gestein haben auch Erze eine sehr komplexe stoffliche Zusammensetzung. Sie bestehen stets aus verschiedenen Mineralien, die wiederum eine Reihe chemischer Elemente enthalten. Die Verteilung wirtschaftlich interessanter Hauptelemente – also chemischer Elemente, die in hohen Konzentrationen im Erz auftreten – ist bisher recht gut verstanden. Dies gilt in der Regel aber nicht für in niedriger Konzentration vorliegende Wertelemente, die sogenannten Beiprodukte. Es sind jedoch gerade diese, denen als Hochtechnologiemetalle heute besondere Aufmerksamkeit gebührt.

Zum Beispiel forschen Freiburger und Dresdner Wissenschaftler derzeit an der Abtrennung des wirtschaftlich vielfältig genutzten Begleitelements Molybdän aus dem Erz von Kupfer-Porphyr-Lagerstätten. »Opti-Moly« heißt das Projekt, dessen Ziel die Entwicklung eines neuartigen Verfahrens ist, mit dem das Molybdän effizienter als bisher aus dem Erz abgetrennt werden kann. Hierfür haben Wissenschaftler die drei großen chilenischen Minen Chuquicamata, Andina und El Teniente beprobt. Die Arbeiten des HIF in diesem durch das BMBF finanzierten Forschungsprojekt vollziehen sich in enger Kooperation mit dem chilenischen Partner IM2. IM2 ist eine Tochterfirma des staatlichen Kupferkonzerns Codelco, des Besitzers und Betreibers der Minen. Die enge Kooperation soll die Relevanz und die möglichst rasche industrielle Umsetzung der Forschungsergebnisse sicherstellen.

Ein weiteres vom BMBF gefördertes Projekt mit starker französischer und polnischer Beteiligung trägt den Namen »EcoMetals«. Es zielt darauf ab, innovative Verfahren der Biohydrometallurgie für die Gewinnung von Kupfer und assoziierten Metallen aus dem zentraleuropäischen Kupferschiefer sowie auch aus heimischen, sekundären Rohstoffquellen zu entwickeln. Deshalb testen die Wissenschaftler auf dem Rossendorfer Campus Biomoleküle, Bakterien und andere Mikroorganismen im Hinblick auf deren

Nutzung für die Laugung (Biolaugung) und Separation (Biosorption, Biomineralisation) von Metallen aus dem Erz. Solche biotechnologischen Verfahren haben nicht nur ökologische Vorteile; sie sind den konventionellen Methoden der Metallgewinnung auch dadurch überlegen, dass sie gerade bei komplex aufgebauten Metallverbindungen und niedrigen Metallkonzentrationen wirtschaftlich sein können. Mit einem Treffen aller Projektpartner in Dresden-Rossendorf startete dieses internationale Forschungsprojekt offiziell im April 2014.

Technologien zum Recycling von Hochtechnologiemetallen

Für die Rückgewinnung und Wiederverwertung von Hochtechnologiemetallen, darunter auch Seltenerd-Metalle, forschen die Partner bereits erfolgreich nach Technologien zum Recycling von Gallium, Indium und Zinn. Gallium etwa wird in einem Dialyseverfahren aus den Produktionsrückständen, die bei der Herstellung von Wafern in der Halbleiterindustrie anfallen, gewonnen. Diese Methode ist dank geringen Verbrauchs an Chemikalien sowie ihrer einfacheren Prozessabfolge den bisherigen Fällungs- und Extraktionsverfahren ökonomisch überlegen.

Für das »Gemeinsame Recycling von Indium und Zinn aus Röhren- und LCD-Bildschirmen« in einem pyrometallurgischen Verfahren, in dem die Bildschirme samt Glas in einem Ofen geschmolzen werden, erhielten die beteiligten Wissenschaftler von HIF und Bergakademie am 24. Juni 2014 den mit 50.000 Euro dotierten Kaiserpfalz-Preis der Metallurgie. Die Produkte dieses innovativen Verfahrens sind ein Mischglas, nutzbar als Glaskeramik, und eine bleihaltige Phase, also eine geschmolzene Metallmischung. Daraus kann anschließend Indium wiedergewonnen werden. Bislang waren so über 80 Prozent des in den LCD-Monitoren enthaltenen Indiums rückgewinnbar.

Kontakt:

Prof. Bernd Meyer

Technische Universität Bergakademie Freiberg,
Akademiestraße 6, 09596 Freiberg,
Rektor@zuv.tu-freiberg.de, Tel. 03731 39-2550

Prof. Roland Sauerbrey

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf,
Bautzner Landstr. 400, 01328 Dresden,
r.sauerbrey@hzdr.de, Tel. 0351 260 2744

Prof. Jens Gutzmer

Helmholtz-Institut Freiberg für
Ressourcentechnologie,
Halsbrücker Str. 34, 09599 Freiberg,
j.gutzmer@hzdr.de, Tel. 0351 260 4400

Lehre an der TU Bergakademie Freiberg: Theoria cum praxi

Silvia Rogler, Sylvie Preiss

Lehrkonzept

Die TU Bergakademie Freiberg bietet 26 grundständige Studiengänge (16 Bachelor- und zehn Diplomstudiengänge) sowie 33 weiterführende Studiengänge (31 Master- und zwei Diplom-Aufbaustudiengänge) an, die von »Advanced Mineral Resources Development« bis zu »Wirtschaftswissenschaften« reichen. Was zeichnet diese Studiengänge aus, was sind ihre Erfolgsfaktoren im Wettbewerb? Zu nennen sind insbesondere drei Aspekte:

1. Theoria cum praxi
2. Vernetzung über die Rohstoff-Wertschöpfungskette
3. Individuelle Betreuung und Studiengestaltung

Theoria cum praxi

Der erste Erfolgsfaktor unserer Studiengänge ist das Wissenschaftsleitbild »Theoria cum praxi«, das ein anwendungsorientiertes Studium auf hohem theoretischen Niveau bedeutet. Dieses Leitbild geht auf Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) zurück, der in seiner ersten Denkschrift zur Gründung der Berliner Akademie forderte: »Solche Churfürstl. Societät müste nicht auf blosser Curiosität oder Wissens-Begierde und unfruchtbare Experimenta gerichtet seyn, oder bey der blossen Erfindung nützlicher Dinge, ohne Application und Anbringung beruhen, ...; sondern man müste gleich anfangs das Werck samt der Wissenschaft auf den Nutzen richten, und auf solche specimina dencken, davon der hohe Urheber Ehre, und das gemeine Wesen ein mehrers zu erwarten Ursach habe. Wäre demnach der Zweck Theoriam cum praxi zu vereinigen, und nicht allein die Künste und die Wissenschaften, sondern auch Land und Leute, Feld-Bau, Manufacturen und Commerciën, und mit einem Wort die Nahrungs-Mittel zu verbessern, über dieß auch solche Entdeckungen zu thun, ...«.¹ Hans Poser folgert daraus, dass »die wechselseitige Befruchtung von praxisloser Theorie und theorieloser Praxis .. das eigentliche Ziel [ist]«.² Die Kombination von Theorie

1 Leibniz' Denkschrift I, zitiert nach H.-St. Brather: Leibniz und seine Akademie. Ausgewählte Quellen zur Geschichte der Berliner Societät der Wissenschaften 1697–1716, Berlin 1993, S. 71 f.

2 H. Poser: Theoria cum praxi. Das Leibniz-

Abb. 1: Wertedreieck der TU Bergakademie Freiberg



und Praxis wird an der TU Bergakademie Freiberg gelebt. Dies zeigt beispielsweise meine Auffassung von »Qualität in der Lehre«, die ich in der letzten Ausgabe dieser Zeitschrift – unabhängig von diesem historischen Kontext – formuliert habe: »Theoretische und praktische Inhalte, orientiert am aktuellen Stand der Forschung, so strukturiert zu vermitteln, dass Studierende das Fachgebiet überblicken und die geeigneten Methoden in der Praxis einsetzen können.«³

Die TU Bergakademie Freiberg hat dem Wissenschaftsleitbild »Theoria cum praxi« in ihrem Wertedreieck eine zentrale Rolle eingeräumt (Abb. 1), verfolgt dieses aber bereits seit ihrer Gründung im November 1765. »In der Planung zur Gründung der Bergakademie Freiberg wurde ... die berufspraktisch orientierte Stipendiausbildung mit der Konzeption einer mathematisch-naturwissenschaftlich fundierten Grundlagenausbildung zu einer wissenschaftlich-technisch orientierten Elitenausbildung für die technologischen und ökonomischen Bedürfnisse des Montanwe-

sche Akademiekonzept und die Technikwissenschaften, in Journal for History of Law, issue: 15/1996, pages 149–174, S. 158.

3 S. Rogler: Qualitätssicherung in der Lehre – Ein Feedback durch unsere Studierenden in, Acamonta, Zeitschrift für Freunde und Förderer der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, 20. Jahrgang 2013, S. 130–131, S. 130.

sens verbunden.«⁴ Heute gilt dies nicht nur für das Montanwesen im engeren Sinne, sondern für die gesamte Rohstoff-Wertschöpfungskette. Als Ressourcenuniversität spannt die TU Bergakademie Freiberg den Bogen von der Erkundung neuer Lagerstätten über die umweltschonende Gewinnung der Rohstoffe sowie die Entwicklung alternativer Energietechniken und effizienter Werkstoffe bis hin zum Recycling.

Vernetzung über die Rohstoff-Wertschöpfungskette

Die »Vernetzung über die Rohstoff-Wertschöpfungskette« ist der zweite Erfolgsfaktor unserer Studiengänge. Die einzelnen Studiengänge stehen nicht nur für sich allein, sondern sind über die Rohstoff-Wertschöpfungskette miteinander vernetzt (Abb. 2). Unsere Studierenden können und sollen sich mit ihrem Curricular und Wissen in der Wertschöpfungskette wiederfinden. Damit möchten wir ihnen deutlich machen, dass von der ersten Idee, konkretisiert in der Formulierung von Thesen, über die Prüfung der Thesen durch Modellierung, Simulation und Laborversuche, weiter über Tests im größeren Maßstab durch Technikums- und Pilotversuchsanlagen bis zur Markteinführung sehr viele Fachrichtungen

4 H. Albrecht: Wissenschaft vor Ort. Von der montanwissenschaftlichen Lehranstalt zur Technischen Universität, S. 7–20, S. 9f.

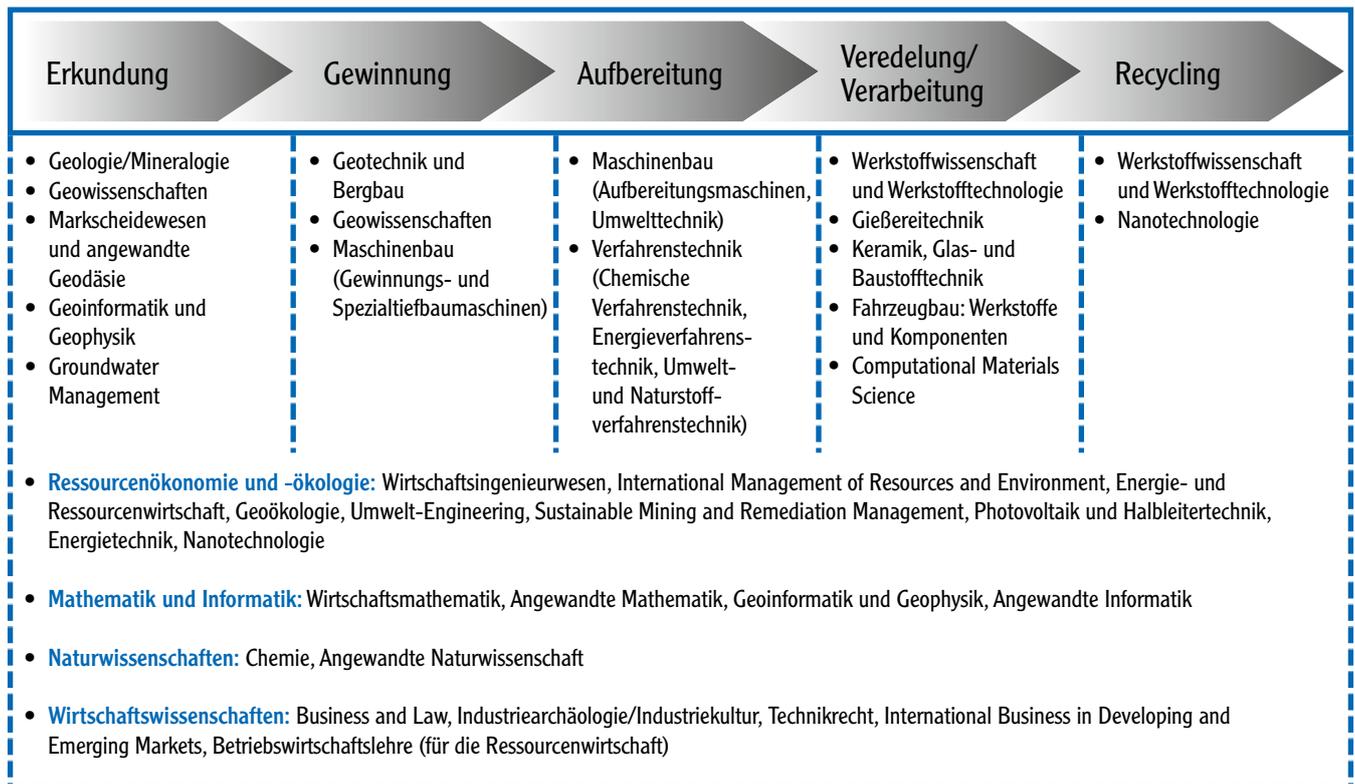


Abb. 2: Studiengänge entlang der Wertschöpfungskette

vonnöten sind. Erreicht wird diese Vernetzung durch Vertiefungsrichtungen oder Wahlmöglichkeiten, mit denen die Studierenden ihr Kernwissenschaftsgebiet erweitern können. Auf diese Weise soll die Basis für ein gegenseitiges Verständnis gelegt werden.

Individuelle Betreuung und Studiengestaltung

Als Technische Universität mit rund 5.600 Studierenden kann die Bergakademie ihren Studierenden ein individuelles Studium ermöglichen, das durch kleine Hörergruppen, einen engen Kontakt zwischen Studierenden und Lehrenden sowie eine frühe Einbindung in Forschungsprojekte gekennzeichnet ist. Dies stellt unseren dritten Erfolgsfaktor im Wettbewerb dar. Gleichzeitig sind wir aber groß genug, um ein breites und interessantes Fächerangebot gewährleisten zu können.

Die Lehre in Zahlen

Die theoretische Konzeption der Lehre sagt noch nichts über deren konkrete Umsetzung in den Studienprogrammen aus. Anhand einiger Zahlen soll gezeigt werden, inwieweit die grundlegenden Lehrziele in den Studiengängen umgesetzt sind und wie die Studiengänge von den Studierenden und Absolventen beurteilt werden.

Praxisanteile in der Lehre

Um möglichst frühzeitig Theorie und Praxis miteinander zu kombinieren, sind in den ingenieur- und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen außeruniversitäre Praxisanteile verpflichtend vorgeschrieben. In den Ingenieurwissenschaften sind es rund 13 %, in den Wirtschaftswissenschaften rund 8 % der Studienzeiten. Hinzu kommen freiwillige Praktika, die von den Studierenden absolviert werden. Von vielen Studierenden werden zudem Abschlussarbeiten in Zusammenarbeit mit Unternehmen geschrieben, so dass nicht nur praktische Probleme mit wissenschaftlichen Methoden gelöst, sondern auch bereits Kontakte zum zukünftigen Arbeitgeber geknüpft werden können. Bei naturwissenschaftlichen Studiengängen erfolgt die praktische Ausbildung überwiegend an der Universität in Form von Laborpraktika. Beispielsweise sind in den Bachelorstudiengängen Chemie und Angewandte Naturwissenschaft rund 30 % der Präsenzzeit Praktika und Exkursionen, in den grundständigen geowissenschaftlichen Studiengängen rund 23 % der Präsenzzeit. Des Weiteren bindet die TU Bergakademie Freiberg Praktiker in die Lehre ein. Im Studienjahr 2013/14 konnten zusätzliche Lehrangebote durch 17 Gastprofessoren, 23 Honorarprofessoren und ca. 50 Lehraufträge realisiert werden.

Lehrvernetzung über Fakultäten hinweg

Inwieweit es gelungen ist, die Fakultäten miteinander zu vernetzen, zeigt die Lehrverflechtungsmatrix, mit der für jeden Studiengang ein sog. Curricularwert berechnet wird. Dieser beschreibt, wie viele Deputatsstunden für die Ausbildung eines Studenten, gemessen in Semesterwochenstunden, notwendig sind. Dabei fließen in die Berechnung des Curricularwerts sämtliche Module (Lehrveranstaltungen) des Studiengangs ein. Da den Modulen die jeweiligen Lehrheiten und Fakultäten zugewiesen sind, können die Lehrbeziehungen über die Fakultäten hinweg abgebildet werden. Der durchschnittliche Lehrexport, d.h. die Lehre, die eine Fakultät für andere Fakultäten anbietet, beträgt ca. 32 %. Das bedeutet, dass von jeder dritten Lehrveranstaltung einer Fakultät auch Studiengänge anderer Fakultäten profitieren. Diese enge Verflechtung der Fakultäten zeigt sich auch bei der Abschlussarbeit. 15 % der Studierenden schreiben ihre Abschlussarbeit nicht in ihrer »Heimafakultät«, sondern haben einen Betreuer in einer anderen Fakultät.

Studierendenzahlen in den Studiengängen

Da an einer Universität i.d.R. keine Anwesenheitslisten geführt werden, lassen

sich nur indirekt über statistische Analysen Schlüsse zur Gruppengröße ziehen. Gemäß Lehrveranstaltungsplanung beträgt die erwartete durchschnittliche Gruppengröße der Vorlesungen aktuell 45 Studierende, diejenige der Übungen 30 Studierende. Bei Seminaren und Praktika liegt die durchschnittliche Gruppengröße bei 20 Studierenden. Allerdings dürfen diese Zahlen nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, dass es auch deutlich größere Hörergruppen gibt, insbesondere zu Beginn des Studiums in den Grundlagenfächern. Die »größte« Vorlesung plant mit 450 Studierenden. Auch die Studierenden der Wirtschaftswissenschaften finden sich tendenziell öfter in größeren Hörergruppen wieder, deren Mitgliederzahl aber in den Spezialisierungsfächern immer noch unter 100 liegt.

Beurteilung durch die Studierenden und die Absolventen

Ein wichtiger Maßstab für die Qualität der Lehre ist die Beurteilung durch die Studierenden und Absolventen, weshalb sich die TU Bergakademie regelmäßig an entsprechenden Studien beteiligt.

Studienqualitätsmonitor

Der Studienqualitätsmonitor, der vom Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung herausgegeben wird, gibt nicht nur einen guten Überblick über Studienqualität und Studienbedingungen an der Bergakademie aus Sicht der Studierenden, sondern zeigt auch, wo wir im Vergleich mit den anderen Hochschulen stehen. An der Studie 2013 (Erhebungszeitraum Juni bis August 2013) nahmen insgesamt 49.430 Studierende teil, davon 729 der TU Bergakademie Freiberg. Thematisiert werden im Folgenden die Aspekte Individualität durch kleine Hörergruppen, Praxisbezug des Lehrangebots und Berufsvorbereitung.

Grundsätzlich haben die Studierenden der Bergakademie deutlich weniger Schwierigkeiten mit der Konkurrenzsituation, der Anonymität, überfüllten Lehrveranstaltungen oder mangelnder Flexibilität in der Studiengestaltung, als dies an anderen Universitäten der Fall ist (Abb. 3). Damit wird unser Credo »Individuelle Betreuung und Studiengestaltung

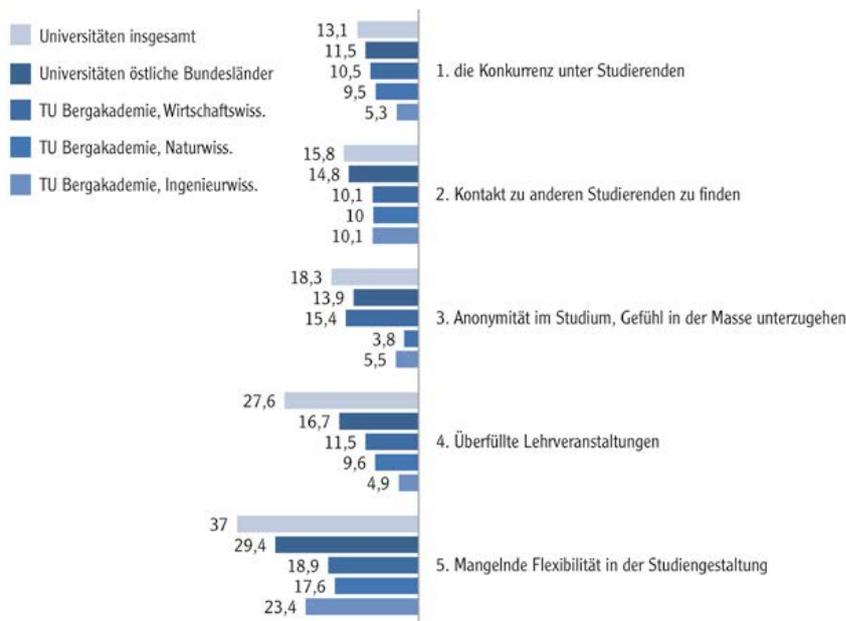


Abb. 3: Gründe für große Schwierigkeiten im Studium 2013. Vergleich der bundesdeutschen Universitäten insgesamt, der Universitäten in den neuen Bundesländern sowie der TU Bergakademie Freiberg (in den Bereichen Wirtschaftswissenschaften, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften); Angaben in Prozent.⁵

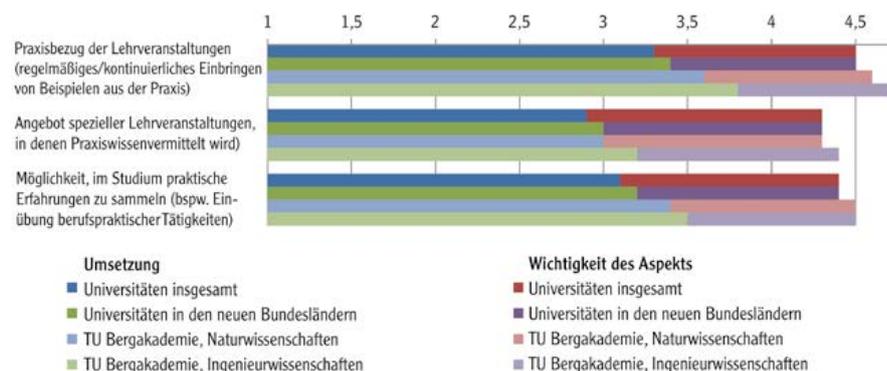


Abb. 4: Praxisbezug des Lehrangebots 2013. Vergleich der bundesdeutschen Universitäten insgesamt, der Universitäten in den neuen Bundesländern sowie der TU Bergakademie Freiberg (in den Bereichen Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften); Umsetzung: 5-stufige Skala (1 = sehr schlecht ... 5 = sehr gut); Wichtigkeit des Aspekts: 5-stufige Skala (1 = unwichtig ... 5 = sehr wichtig).⁵

durch kleine Hörergruppen« auch aus studentischer Sicht bestätigt.

Den Lehrenden der ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengänge der TU Bergakademie Freiberg gelingt es überdurchschnittlich gut, Praxiselemente in die Lehrveranstaltungen einzubauen. Trotzdem erweist sich der Praxisbezug als insgesamt eher befriedigend, wenn die Wichtigkeit, die diesem Aspekt von den Studierenden zugeschrieben wird, Berücksichtigung findet (Abb. 4).

Namentlich die Studierenden der ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengänge der TU Bergakademie Freiberg fühlen sich durch das Studium besser auf den Beruf vorbereitet als Studierende anderer Universitäten (Abb. 5). Allerdings besteht zwischen der Erwartungshaltung und der subjektiv erfahre-

nen Umsetzung der berufspraktischen Aspekte bei allen Universitäten eine starke Divergenz. Dies überrascht wenig, da Universitäten primär auf Forschungsorientierung zielen.

Sächsische Absolventenstudie

Nun stellt sich die Frage, wie Absolventen rückblickend das Studium an der TU Bergakademie Freiberg bewerten. Im Rahmen der Sächsischen Absolventenstudie wurden im Jahr 2009 ca. 200 Absolventen der Jahrgänge 2006 und 2007 zum absolvierten Studium befragt.

Insgesamt würden sich 81 % unserer Absolventen wieder für die TU Bergakademie Freiberg als Studienort entscheiden, hingegen nur 76 % der Absolventen aller sächsischen Hochschulen für ihre Alma Mater. Bei der fachlichen Beratung

⁵ Zahlen entnommen aus: Randauszahlung Studienqualitätsmonitor 2013, Technische Universität Bergakademie Freiberg, DZHW - Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.

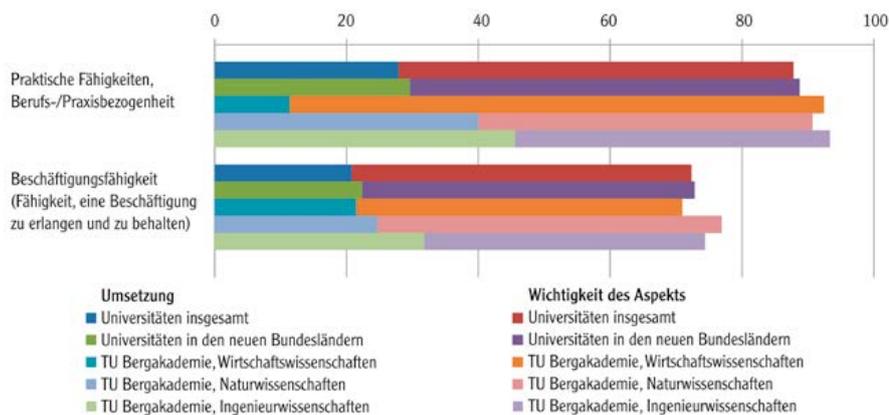


Abb. 5: Förderung praxisrelevanter Aspekte 2013. Vergleich der bundesdeutschen Universitäten insgesamt, der Universitäten in den neuen Bundesländern sowie der TU Bergakademie Freiberg (in den Bereichen Wirtschaftswissenschaften, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften); Angaben in Prozent.⁵

durch die Lehrenden fühlten sich unsere Absolventen besser betreut und vergaben die Note 1,8, während die sächsische Durchschnittsnote bei 2,6 lag. Auch bei den Themen »Klima unter den Studierenden«, mit der Note 1,5 im Vergleich zur sächsischen Durchschnittsnote von 2,0, und »Miteinander von Studierenden und Lehrenden«, mit der Note 1,8 im Vergleich zur sächsischen Durchschnittsnote von 2,4, erzielte die Bergakademie überdurchschnittliche Ergebnisse.

Die Absolventen der TU Bergakademie Freiberg schätzten den Praxisbezug in der Lehre etwas besser ein als die der anderen sächsischen Universitäten. Zum Thema Praxisbezug der Lehre vergaben die Freiburger Absolventen im Durch-

schnitt die Note 2,7, während die sächsische Durchschnittsnote bei 3,2 lag. Erfreulich ist, dass unsere Absolventen den Forschungsbezug der Lehre (2,5) ebenfalls als überdurchschnittlich gegenüber dem an anderen sächsischen Universitäten (2,7) einschätzten. Dies zeigt, dass ein gewisser Praxisbezug ins Studium eingebaut werden kann, ohne die Forschungsorientierung zu gefährden.

Die Ergebnisse der Studierenden- und Absolventenbefragungen verdeutlichen, dass alle Studierenden der TU Bergakademie Freiberg, egal welchem Wissenschaftszweig sie angehören, Praxisbezüge in den Lehrveranstaltungen wünschen – sei es durch praktische Übungen oder Beispiele aus der Berufspraxis. Wir ver-

suchen zwar, dies in die Studienpläne einzubauen, dürfen aber auch das Erfordernis grundlegenden theoretischen Wissens nicht vernachlässigen. Es muss eine vernünftige Balance zwischen Praxisorientierung und Forschungsorientierung gefunden werden. Einerseits müssen die Lehrenden größten Wert darauf legen, ein breites und solides Fundament an Grundlagenwissen bei den Studierenden aufzubauen. Nur so können Theorien und Sachkenntnis systematisch weiterentwickelt, überarbeitet oder verworfen werden. Andererseits benötigen die Studierenden aber Anhaltspunkte oder praktische Beispiele, um den Sinn des Grundlagenwissens zu erkennen.

Dass unsere Studierenden ihr Wissen praktisch umsetzen können, zeigen zahlreiche studentische Initiativen, beispielsweise »Prisma Junior Consulting«, »racetech racing team« oder Start-Ups wie »Kinematics«. Bei diesen Initiativen geht es nicht darum, von Professoren vorgefertigte Projekte abzuarbeiten oder aus deren Erfahrungsschatz zu schöpfen, sondern eigene Projekte, eigene Erfahrungen zu machen.

Ich persönlich empfinde es als höchstes Gut, aus eigenem Antrieb und eigener Kreativität heraus Projekte anzugehen, selbst Wissen zu erarbeiten, vielleicht selbst Fehler zu machen und selbst Lösungen zu finden. Genau dies sollte eine Universität und ihre Studierenden ausmachen.

Von der Idee bis zur technischen Erprobung: Forschungsstrategie, -linien und -kooperation

Broder Merkel

Die Grundlagen- und die angewandte Forschung an unserer Universität orientieren sich vor allem an den vier Säulen des Freiburger Forschungsprofils **Energie, Geo, Material** und **Umwelt**. Die Forschung an der TU Bergakademie ist auf die nachhaltige Nutzung der Geo-Ressourcen ausgerichtet. Diese umfassen neben Erzen, Salzen, Energierohstoffen auch Baumaterialien und Rohstoffe für die Glas- und Keramikindustrie. Von besonderer Bedeutung sind dabei auch die für den Menschen überlebenswichtigen Ressourcen Boden, Luft und Wasser. Hierbei geht es aber keineswegs nur um die Erkundung, Gewinnung, Umwandlung und das Ma-

nagement der Geo-Ressourcen, sondern vor allem auch um die Produktion und Erforschung neuer und innovativer Materialien und intelligenter Werkstoffe aus den primären Rohstoffen bis hin zum Recycling von industriellen Produkten. Auch wenn die Bio-Ressourcen nicht direkt im Zentrum der Freiburger Forschungslandschaft stehen, sind sie dennoch eine wichtige Komponente. Denn viele chemische Prozesse laufen nicht abiotisch ab, sondern werden durch Mikroorganismen kontrolliert, die deshalb berücksichtigt werden müssen. Seit der Gründung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) im Jahr 2011 durch

die TU Bergakademie Freiberg und das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf ist durch die direkte Zusammenarbeit mit einer Großforschungseinrichtung eine neue Qualität in der Forschung entstanden. So ist auch die gemeinsame Betreuung von Promotionsstudenten ein wesentlicher Faktor im Bereich innovativer Freiburger Forschung.

Der Bereich **Energie** weist viele Facetten auf und beinhaltet das Auffinden und Abbauen von Energierohstoffen (Kohle, Öl, Gas, Gashydrate, nukleare Brennstoffe), die Umwandlung von Energie (beispielsweise Vergasung und Verflüssigung von Kohle), den Einsatz alternativer Energiequellen (Bio, Gezeiten, Geothermie, Solar, Wasser, Wind) und Maßnahmen zur Energieeinsparung. Im Bereich der Umwandlung von Kohle in Gas und Flüssigtreibstoff hat Freiberg eine lange Tradition und ist auch heute international führend. Die intelligente Speiche-

zung von Energie wird im Zeitalter der Nutzung alternativer Energiequellen immer wichtiger und damit auch zu einem Kernthema der Bergakademie. Auf allen diesen Sektoren gibt es einen hohen Forschungsbedarf und interdisziplinäre Betätigungsfelder. Bei einer ganzen Reihe einschlägiger Fragestellungen werden die drei anderen Bereiche Geo, Material und Umwelt direkt oder mittelbar involviert und erfordern ein Zusammenarbeiten von Mathematikern, Informatikern, Naturwissenschaftlern, Ingenieuren, Betriebs- und Volkswirten sowie Juristen.

Hinter dem Begriff **Geo** verbergen sich Geowissenschaften, Geotechnik und der Bergbau in seinen unterschiedlichen Ausprägungen. Nach wie vor ist das System Erde nicht vollständig verstanden und ist eine große Herausforderung für den Bereich der Grundlagenforschung, unter anderem, weil Technologie- und Technikfolgen nicht immer hinreichend genau modelliert und vorhergesagt werden können. Dies gilt beispielsweise für Probleme wie:

- der Einfluss des Menschen auf das lokale und globale Klima,
- die Eignung des tiefen Untergrunds als nukleares Endlager (unabhängig vom momentanen, politisch motivierten Ausstieg Deutschlands aus der Kernenergie),
- Wasser und Boden als Basis für die Produktion von Nahrungsmitteln für eine immer noch wachsende Weltbevölkerung, Energie für die Mobilität in der Zukunft,
- der Bergbau ohne Menschen unter Tage oder aber im Tagebau mit geringstmöglichen Umweltbeeinträchtigungen.

Diese Liste ist keineswegs vollständig und könnte beliebig erweitert werden. Im Bereich Geo wird der Bogen, der von der reinen Grundlagenforschung bis hin zur großtechnischen Anwendung reicht, besonders deutlich.

Das Stichwort **Material** steht in Freiberg für Materialforschung und Materialtechnologie. Im Fokus stehen beispielsweise sehr leichte und intelligente Werkstoffe, Nanopartikel und besondere Oberflächeneigenschaften von Materialien. Im Bereich der Entwicklung moderner Hochleistungswerkstoffe für Kommunikation und Mobilität sowie Energie- und Umweltfragestellungen (Photovoltaik, Mikroelektronik, Speicher und Sensoren) sowie ultraharter Werkstoffe für die Herstellung von Werkzeugen, hochtemperaturkorrosionsfester Werkstoffe und hochfester duktiler Werkstoffe für den

Maschinen- und Fahrzeugbau nimmt die TU Bergakademie einen Spitzenplatz in der internationalen Forschungslandschaft ein.

Besonders zu erwähnen sind der DFG-Sonderforschungsbereich 799 (TRIP-Matrix-Composite – Design von zähen, umwandlungsverstärkten Verbundwerkstoffen und Strukturen auf Fe-ZrO₂-Basis) und der DFG-Sonderforschungsbereich 920 (Multifunktionale Filter für die Metallschmelzfiltration ...). Neue Materialien im Fahrzeugbau helfen Energie zu sparen, bessere Isolatoren ebenso. Mit neuen Materialien können leistungsfähigere Sensoren entwickelt und produziert werden, die wiederum positive Rückkopplungen bewirken können. Maschinenbau und Verfahrenstechnik sind Wissenschaftsdisziplinen, die die Bereiche Geo, Energie und Material miteinander verbinden. Denn ohne die Entwicklung neuer Maschinen und verbesserter technischer Verfahren können Rohstoffe nicht kostensparend und nachhaltig verarbeitet werden.

Wie bereits mehrfach erwähnt, haben die Forschungsfelder Energie, Geo und Material einen engen Zusammenhang mit unserer **Umwelt**, weil durch die Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen und die Produktion von Strom und Materialien oder den Verbrauch von fossilen Brennstoffen unsere Umwelt massiv verändert wird. Dies gilt ebenso für die landwirtschaftliche Produktion von Lebensmitteln für die steigende Weltbevölkerung. Durch die Verbesserung von Messverfahren und Sensoren zur Online-Umweltüberwachung sind wir heute in der Lage, unsere Umweltkompartimente Boden, Wasser und Luft quasi kontinuierlich zu überwachen und somit auch regulierend einzugreifen. Im Bereich der Reinigung von Abluft und Abwässern sowie kontaminierter Böden wurden in der Vergangenheit große Fortschritte erzielt, und Wissenschaftler der Freiburger Universität waren an diesen Entwicklungen prominent beteiligt.

Ein wichtiger Aspekt ist aber auch die Tatsache, dass der Mensch in der Vergangenheit immer wieder neue Technologien entwickelt und angewandt hat, ohne sich vorab Gedanken über die Folgen und Risiken dieser Technologien zu machen. Die Konsequenzen waren in vielen Fällen massive Umweltschäden, die dann von späteren Generationen saniert werden mussten. Dafür wurden aktive und passive Sanierungsverfahren erfunden,

erprobt und eingesetzt. Heute besteht unter Wissenschaftlern aber Konsens, dass statt *End-of-the-pipe*-Sanierung nur vorbeugender Umweltschutz durch den Einsatz von *green technologies* die Lösung für zukünftige Entwicklungen sein kann. Die Umsetzung solcher Konzepte ist aber alles andere als einfach und hat wirtschaftliche, politische, soziale, kommunikative und ethische Aspekte. Aus diesem zum Teil sehr widersprüchlichen Spannungsfeld ergeben sich schwierige Abwägungsfragen.

Am Schluss dieser Ausführung steht ein einfaches Beispiel für eine denkbare Forschungsstrategie an der Technischen Universität Bergakademie: die Gewinnung von Lithium aus Salzseen, um daraus Lithiumzellen für Computer und Elektromobilität herzustellen. Geowissenschaftliche Grundlagenforschung beschäftigt sich in diesem Kontext mit der Genese von lithiumhaltigen Salzlösungen (Solen) in natürlichen abflusslosen Becken. Die Abschätzung und Berechnung der verfügbaren und gewinnbaren Solemengen ist bereits ein angewandter Forschungsaspekt, ebenso wie die Probleme der Bereitstellung von Prozesswasser, von Energie und des Aufbaus der notwendigen Infrastruktur. Die Anreicherung und Extraktion des Lithiums aus den Solen und die Herstellung von sehr reinem Lithiumcarbonat liegen ebenfalls an der Schnittstelle zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung im Bereich der Chemie. Die Herstellung diverser Arten von Lithiumbatterien ist seit den 1960er-Jahren sukzessive weiterentwickelt worden und bietet immer noch hinreichend Forschungspotenzial in Bezug auf Leistung, Lebensdauer und Betriebssicherheit der Lithiumzellen. Und auch im Bereich des Aufarbeitens alter und nicht mehr funktionsfähiger Lithiumzellen (Rückführung der Rohstoffe in den industriellen Kreislauf, *urban mining*) ist noch ein erheblicher Forschungsbedarf zu konstatieren. Dies ist ein Beispiel für Forschung und Entwicklung von Technologien entlang der von den Geo-Ressourcen ausgehenden Wertschöpfungskette.

Unberücksichtigt sind in dieser vereinfachten Darstellung die sozioökonomischen Herausforderungen und Konsequenzen für die Regionen, in denen der primäre Rohstoff (die Sole) gewonnen und aufbereitet wird, vor allem für die Bewohner in den zumeist ländlichen Gebieten seines Vorkommens.

Die TU Bergakademie Freiberg – geistiges Zentrum in der Wissenschaftsregion Freiberg



Wissenschaftsregion
FREIBERG

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser¹ in Zusammenarbeit mit Bernd-Erwin Schramm² und Volker Uhlig³

Wissenschaftsregion Freiberg – Innovationsforum für die regionale Wirtschaft

Im Jahr 2011 wurde vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK) der »Sächsische Hochschulentwicklungsplan bis 2020«⁴ veröffentlicht. Dieser sieht die Etablierung sogenannter Wissenschaftsregionen um die Universitäten in Chemnitz, Dresden, Freiberg und Leipzig vor. Die Universitäten sollen dabei die Rolle geistiger Zentren ihres geopolitischen Umfeldes einnehmen. Hierfür werden ihre starke Ausstrahlung und die Funktion als wichtige Anziehungspunkte für junge, qualifizierte Menschen und Fachkräfte als Gründe genannt. Daraus leitet sich ein hohes Potenzial für die Entwicklung erweiterter regionaler Zusammenhänge ab. Konkret sollen Akteure aus Wissenschaft, Bildung, Wirtschaft und Kultur in besonderer Weise miteinander vernetzt und vorhandene Kompetenzen auch verstärkt überregional und international sichtbar gemacht werden. Während in den Wissenschaftsregionen Chemnitz, Dresden und Leipzig jeweils ein vom Freistaat finanzierter Projektkoordinator diese Anliegen im Rahmen zugeordneter, sog. Wissenschaftsforen moderiert, muss die TU Bergakademie Freiberg (Bergakademie) ohne eine vergleichbare personelle Basis auskommen. Dennoch wurden in Freiberg bisher unter Leitung des Prorektors für Strukturentwicklung initiativ messbare Ergebnisse und konkrete Ziele erreicht. Dies ist wohl vor allem durch die besondere Qualität des langjährig erprobten Zusammenwirkens

der Bergakademie mit der Stadt Freiberg und dem Landkreis Mittelsachsen zu erklären. Zudem weist die Wissenschaftsregion Freiberg im Vergleich zu den anderen weitere Besonderheiten auf. Während letztere insbesondere durch eine große Zahl von Wissenschaftseinrichtungen gekennzeichnet sind, wendet sich Freiberg in spezifischer Weise der Integration einer breiteren Gruppe von Akteuren aus den o. g. Bereichen zu. Die Wissenschaftsregion Freiberg soll sich vor allem zu einem Innovationsforum für die regionale Wirtschaft entwickeln. Hierzu trifft auch der »Hochschulentwicklungsplan der TU Bergakademie Freiberg«⁵ Aussagen. So sei die dafür erforderliche Kommunikation der Partner intensiviert, ausdifferenziert und erfolge auf kurzen Wegen, wobei der Pflege der persönlichen Kontakte besondere Aufmerksamkeit zukomme. Auf aktuelle Entwicklungen könne so schneller als in anderen Regionen reagiert werden, wobei die Kommunikationswege entsprechend den technischen Möglichkeiten weiter zu verkürzt sind. Es werde darauf abgezielt, die Orientierungs- und Firmenkontaktmesse (ORTE) sowie das Freiburger Forschungsforum stärker als Plattform für den Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in der Wissenschaftsregion zu nutzen.

Hinsichtlich der Ausgangslage kann die Bergakademie auf ein regionales und überregionales Netzwerk geo-, material-, energie- und umwelttechnischer Unternehmen, Verbände sowie Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen zurückgreifen, dessen Wurzeln insbesondere im Berg- und Hüttenwesen, in der späteren Spurenmetall-Industrie und der Praxis des metallurgischen Recyclings liegen. Das im Jahr 2002 gegründete Geokompetenzzentrum, mit ca. 170 Mitgliedern der größte Geoverbund in Deutschland, kann als prototypisch gelten, ist es doch das

einzige, das Universität, Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik in der gegebenen Form vereint.

Auch die im Dezember 2013 zwischen der Bergakademie und dem SMWK geschlossene Zielvereinbarung geht davon aus, dass in Freiberg bereits Strukturen bestehen, die eine auf das spezifische Profil der Bergakademie fokussierte Bündelung der in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung bestehenden Kompetenzen darstellen.⁶ Für den Ausbau von Kooperationen und die Entwicklung weiterer Synergien soll bis Ende des Jahres 2015 unter anderem ein Infrastrukturplanungs- und -nutzungskonzept der Wissenschaftsregion erstellt werden. Weitere Aufgaben betreffen auch Abstimmungen zur Infrastruktur im Bereich der Informationstechnologie in Sachsen sowie generell hochschulübergreifende Forschungsk Kooperationen.

Schwerpunktsetzung

Eine Grundlage für konkrete Schritte zur Etablierung der Wissenschaftsregion Freiberg bildete eine Reihe von Beratungen eines Initialkonsortiums, das Persönlichkeiten aus den o. g. gesellschaftlichen Bereichen der Region umfasst und für weitere Akteure offen ist. Hierbei wurden auch etablierte Partner aus dem Landkreis Mittelsachsen, so von der Hochschule Mittweida und dem Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg, involviert. Ein aktuell von der Bergakademie in Zusammenarbeit mit der Hochschule Mittweida bearbeitetes und vom Freistaat Sachsen gefördertes Projekt zielt unter anderem auf die Nutzung der Möglichkeiten sog. Virtueller Räume für eine moderne Form der Vernetzung und Überschaubarmachung des Kreises der Akteure der Wissenschaftsregion. Hierfür sind

1 Prof. Dr. Dirk C. Meyer, Prorektor für Strukturentwicklung, TU Bergakademie Freiberg; Ass. iur. Theresa Lemser, Referentin.

2 Bernd-Erwin Schramm, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg.

3 Volker Uhlig, Landrat des Landkreises Mittelsachsen.

4 SMWK, Der Sächsische Hochschulentwicklungsplan bis 2020 – Leitlinien und Instrumente für eine zukunftsfähige Entwicklung der sächsischen Hochschullandschaft, 2011.

5 Hochschulentwicklungsplan TU Bergakademie Freiberg 2012–2020, 2012.

6 Zielvereinbarung gemäß § 10 Abs. 2 SächsHSFG zwischen der Technischen Universität Bergakademie Freiberg und dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK), 2013.



Technische Umsetzung: Cinecor, ein Star-Up der Hochschule Mittweida

Verknüpfung der Akteure aus Wirtschaft, Forschung und Entwicklung im Virtuellen Raum: Ausschnitt aus einem interaktiven virtuellen Rundgang

interaktive Rundgänge durch verschiedene Themenfelder und Branchen anhand von 3D-Animationen, die via Internet von überall her möglich sein sollen, vorgesehen. Eine erste Version wurde auf dem landesweiten Wissenschaftsforum, dessen Gastgeberin die Bergakademie im Juni des Jahres 2014 war, präsentiert.⁷ Ziel der Veranstaltung war es, eine erste Bilanz über verschiedene Ansätze zur Stärkung von Wissenstransfer, Internationalisierung oder auch der gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur zu ziehen und Möglichkeiten ihrer Weiterentwicklung zu erörtern.

Darüber hinaus beteiligt sich die Bergakademie an den Aktivitäten im Rahmen des Wissenschaftsforums Chemnitz. Dies betrifft die Mitwirkung an weiteren, dort geförderten Vorhaben, etwa zur Ermittlung gemeinsam nutzbarer Ressourcen im Bereich der Fachsprachenausbildung. Während die Zusammenarbeit in den Arbeitskreisen für Internationalisierung, Wissenstransfer und Synergien interessante Ansätze für alle Beteiligten liefern kann, wurde durch die Bergakademie für die Wissenschaftsregion Freiberg eine spezifische Ausgangssituation, die zusätzlich zu den oben genannten Besonderheiten weitere Aspekte ein-

7 Prof. Dr. Dirk C. Meyer, »Virtuelle Fakultät ProWissen – Virtueller Raum für die Wissenschaftsregionen«, Präsentation vom 13. Juni 2014.

schließt, identifiziert. Die Bergakademie ist ein bereits etablierter Ort der Internationalisierung. Die Wissenschaftsregion Freiberg sieht sich mit ihrer positiven Positionierung und ihren kräftigen Wurzeln, insbesondere aus der 250-jährigen Geschichte der Bergakademie mit ihren Studierenden aus aller Welt, für eine Vorreiterrolle bestens aufgestellt. Dies betrifft konkrete Ansätze zur Fachkräftegewinnung und -entwicklung, ein für die Wissenschaftsregion Freiberg für die nächste Zeit vordringliches Schwerpunktthema, das zugleich eine Klammerfunktion für den Gesamtzusammenhang und besondere Impulse für weitere Themensetzungen generiert.

Fachkräfteentwicklung und -gewinnung

Wachstumschancen und Neuerungspotenzial der Wissenschaftsregion Freiberg setzen – insbesondere in den Wirtschaftsunternehmen – qualifizierte Fachkräfte voraus. Dies betrifft Personal, das über eine mindestens zweijährige abgeschlossene Berufsausbildung bzw. einen anerkannten akademischen Abschluss verfügt. Damit ist das gesellschaftliche Engagement der Bergakademie in besonderer Weise gefordert, was konkrete Handlungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten sowie umfassende Kooperationen innerhalb der Wissenschaftsregion bedingt. Wenngleich die Zahl der Absolventen

der Hochschulen im Freistaat Sachsen derzeit noch über dem Bedarf der sächsischen Wirtschaft liegt,⁸ zeichnet sich bereits ein über die bisherigen Konzepte hinausgehender struktureller Entwicklungs- und Qualifizierungsbedarf ab. Für das Jahr 2014 wurde für das Land Sachsen prognostiziert, dass erstmalig mehr Ältere aus dem Erwerbsleben ausscheiden, als Junge in dieses eintreten.⁹ Neben dem derzeit immer noch wirksamen Gehaltsgefälle innerhalb Deutschlands werden weitere Faktoren einen zunehmend überregionalen und internationalen Wettbewerb um Fachkräfte bestimmen.

Die Wissenschaftsregion Freiberg sollte demnach ihre Positionierung als attraktives Zentrum der Fachkräftegewinnung und -entwicklung weiter stärken und dafür die Bandbreite der Angebote deutlich erweitern. Hierbei ist absehbar, dass die besonders anzusprechende junge Generation verstärkt die Lebensqualität ihres Umfeldes hinsichtlich verschiedener Lebensentwürfe sowie kultureller, geistiger und sportlicher Betätigungsmöglichkeiten kritisch würdigt.

Dieses Spektrum in kompakter Form

8 Sächsischer Landtag (Hrsg.), Bericht der Enquete-Kommission »Strategien für eine zukunftsorientierte Technologie- und Innovationspolitik im Freistaat Sachsen«, 2013, S. 83.

9 Industrie- und Handelskammer zu Leipzig (IHK) et. al. (Hrsg.), Fachkräftesituation der sächsischen Wirtschaft, 2012, S. 11.



Technische Umsetzung: Cinecor, ein Start-up der Hochschule Mittweida

Beim Rundgang im Virtuellen Raum sind die Bergakademie und alle Themenbereiche der Wissenschaftsregion als Gesamtzusammenhang erfassbar.

überschaubar zu machen und aufeinander abgestimmt für alle wichtigen Stationen einer beruflichen Lebensperspektive auszuarbeiten, ist folglich ein zentrales Anliegen für die Wissenschaftsregion Freiberg. Zum einen sollen Auszubildenden und Studierenden, die ihre berufliche Qualifikation in der Region absolvieren oder dort erhalten haben, im Anschluss Perspektiven und klare Wege in Form konkreter Handreichungen aufgezeigt werden. Zum anderen ist vorgesehen, Auswärtige umfassend über diese Standortqualität zu informieren und für die Wissenschaftsregion zu gewinnen. Die Erfassung der Entwicklungsmöglichkeiten durch eine Übersicht über die Kompetenzen und Bedarfe der einzelnen Akteure der Wissenschaftsregion ist dafür eine essenzielle Grundlage. Ein Schwerpunkt soll dabei auf dem Bereich Wirtschaft mit den entsprechenden Forschungserfordernissen liegen. Konkret ist unter anderem die Erstellung eines qualifizierten Branchenatlas mit dem Arbeitstitel »proWirtschaft«, der – über die unmittelbare Zielsetzung hinaus – Mehrwerte für alle Anliegen der Wissenschaftsregion und für deren internationale Sichtbarkeit ermöglicht, vorgesehen. Insbesondere, wenn der Herkunftsort Auswärtiger nicht in der Europäischen Union liegt, ist dabei, zusätzlich zur Bereitstellung von Sprachangeboten, spezifischen Anforderungen, wie etwa der

Überschaubarmachung von Behördenwegen, zu genügen.

Virtueller Raum für die Wissenschaftsregion

Für die Anhebung der Attraktivität der Wissenschaftsregion Freiberg kann unmittelbar an die Erfahrungen, die an der Bergakademie mit der Etablierung der »Virtuellen Fakultät proWissen« gesammelt wurden, angeknüpft werden. So werden bereits seit dem Jahr 2012 in einer semesterweise erscheinenden Broschüre alle überfachlichen Bildungsangebote sowie die Initiativen aus dem geistigen und kulturellen Bereich der Wissenschaftsregion gebündelt und aufeinander abgestimmt kommuniziert.

Derzeit sollen durch die Einrichtung eines Virtuellen Raumes, der ab Wintersemester dieses Jahres via Internet von überall her erreichbar ist, die regional verstreuten und thematisch differenzierten Angebote sowie die beteiligten Akteure als Gesamtheit wahrnehmbar sein. Sowohl die Erstellung einer Broschüre mit dem Arbeitstitel »profession« als auch die Implementierung eines Internetauftritts unter Nutzung der Möglichkeiten eines Virtuellen Raumes sowie die Entwicklung maßgeschneiderter Bildungsangebote, insbesondere im Weiterbildungsbereich, sind konkrete Zielsetzungen. Besondere Kooperationsinteressen bestehen hierbei innerhalb des Landkreises Mittelsachsen

gemeinsam mit dem Institut für Mittelstandskooperation Mittweida und somit auch der Hochschule Mittweida.

In dem Zusammenhang sind verschiedene Initiativen im Rahmen der Wissenschaftsforen anderer Wissenschaftsregionen eine wichtige Begleitung. Beispiele sind die Kartierung zu Forschungs Kompetenzen sowie die vertiefte Zusammenarbeit in der Informationstechnologie in Sachsen und die zusätzlich mögliche Verstärkung gesellschaftlicher und wissenschaftspolitischer Aktivitäten. Auch hier kann ein dazu einzurichtender Virtueller Raum die Wahrnehmung dieser Gesamtheit wirksam unterstützen und somit die Wissenschaftsregionen als Ganzes erlebbar machen. Synergien ergeben sich demnach für alle Partner, die in einen engeren Kontakt gebracht und hinsichtlich ihrer Unternehmungen, etwa zum Wissenstransfer und zur Internationalisierung, durch Wahrnehmbarkeit als Gemeinschaft gestärkt werden. Zugleich wird die Entwicklung kooperativer Infrastrukturen der Wissenschaftsregionen, etwa durch Bündelung der Ressourcen in »Virtuellen Kompetenzzentren«, konstruktiv begleitet sowie die Profilierung der Hochschulen im Zusammenhang mit der Wissens- und Wirtschaftsbasis des Umfeldes überregional und letztlich auch international wahrnehmbar.

<http://tu-freiberg.de/universitaet/organisation/rektorat/prorektor-strukturentwicklung>

Internationalisierung der TU Bergakademie Freiberg

Carsten Drebenstedt

Anfänge strukturierter Ausbildung und der Internationalisierung

Um dem steigenden Fachkräftebedarf im Berg- und Hüttenwesen Sachsens gerecht zu werden, wurde bereits 1702 auf Anregung von Oberberghauptmann Abraham von Schönberg am Sächsischen Bergamt eine Stipendienkasse mit dem Ziel der Förderung der montanwissenschaftlichen Ausbildung von Berg- und Hüttenbeamten eingerichtet. In einem Lehr- und Forschungslaboratorium unterwies Johann Friedrich Henckel (1678–1744) Schüler in praktischer Chemie, Metallurgie sowie Probier- und Markscheidkunst. Die metallurgischen Labors von Bergrat Henckel erlangten bald einen guten Ruf und zogen auch sehr bald Ausländer nach Freiberg. Zu den bekanntesten zählt ohne Zweifel der russische Universalgelehrte Michael Lomonossow (1711–1765), der sich 1739/40 auf Geheiß der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg gemeinsam mit dem späteren Entwickler des russischen Porzellans (1757), Dimitrij Iwanowitsch Winogradow, in Freiberg aufhielt.

Der einheimische Fachkräftebedarf verschärfte sich nach dem für Sachsen

verloren gegangenen Siebenjährigen Krieg. Wegen der Notwendigkeit des Aufbaus einer neuen Wirtschaft investierte Prinz Xaver als kurfürstlicher Administrator auf Drängen von Friedrich Anton von Heynitz und Friedrich Wilhelm von Opper im Jahr 1765 in die Gründung einer einschlägigen Lehranstalt, der Bergakademie Freiberg, die im Frühjahr 1766 als (weltweit erste) montanwissenschaftliche Hochschule ihren Lehrbetrieb aufnahm. Als erster ausländischer Studierender kam 1771 Albert Vergeel (Matr. 77) aus Amsterdam zum Studium nach Freiberg; ein Jahr später folgten die ersten Studierenden aus Russland und Spanien.

Frühzeitige Internationalisierung

Die schon frühzeitig einsetzende Internationalisierung der TU Bergakademie Freiberg soll sowohl anhand der Statistik des Studentenaustauschs als auch anhand konkreter Ereignisse und Maßnahmen dargestellt werden.

Internationalisierung in Zahlen

Abb. 1 gibt eine Übersicht über die Herkunft und Anzahl der ausländischen Studierenden an der Bergakademie Freiberg, geordnet nach Jahren, in denen sich

Studierwillige aus anderen Ländern hier eingeschrieben haben. Die Abbildung zeigt die ersten 20 Herkunftsländer ausländischer Studenten sowie deren Gesamtzahl bis 2012, differenziert nach Zeitabschnitten vor und nach 1945 sowie ab 1990, die sich durch tiefgehende politische Zäsuren – sowohl in der Geschichte der Bergakademie als auch in wichtigen Herkunftsländern – voneinander abheben. Es ist ersichtlich, dass in den ersten 70 Jahren fast ausschließlich Europäer die auswärtigen Studenten dominierten. Ausnahme ist ein 1792 immatrikulierter brasilianischer Student. Weitere Herkunftsländer außerhalb Europas sind laut Matrikelverzeichnis auf Platz 21 und 22 Mexiko und Chile. Als erster Student aus Nordamerika schrieb sich 1819 William Keating (Matrikelnr. 919) ein. Im Jahr 1847 wird in Freiberg der erste afrikanische Student, Aquasie Boachie (Matrikelnr. 1637) aus Ghana, allgemein auch bekannt als Prinz von Ashanti, begrüßt. Der erste asiatische Student kam 1859 mit Edm. Benj. Georg Preston (Matrikelnr. 2157) aus Indien und 1869 mit William Matheson (Matrikelnr. 2597) der erste Australier. Nachdem mit S. St. Smith 1871 eine erste Gasthörerin aus

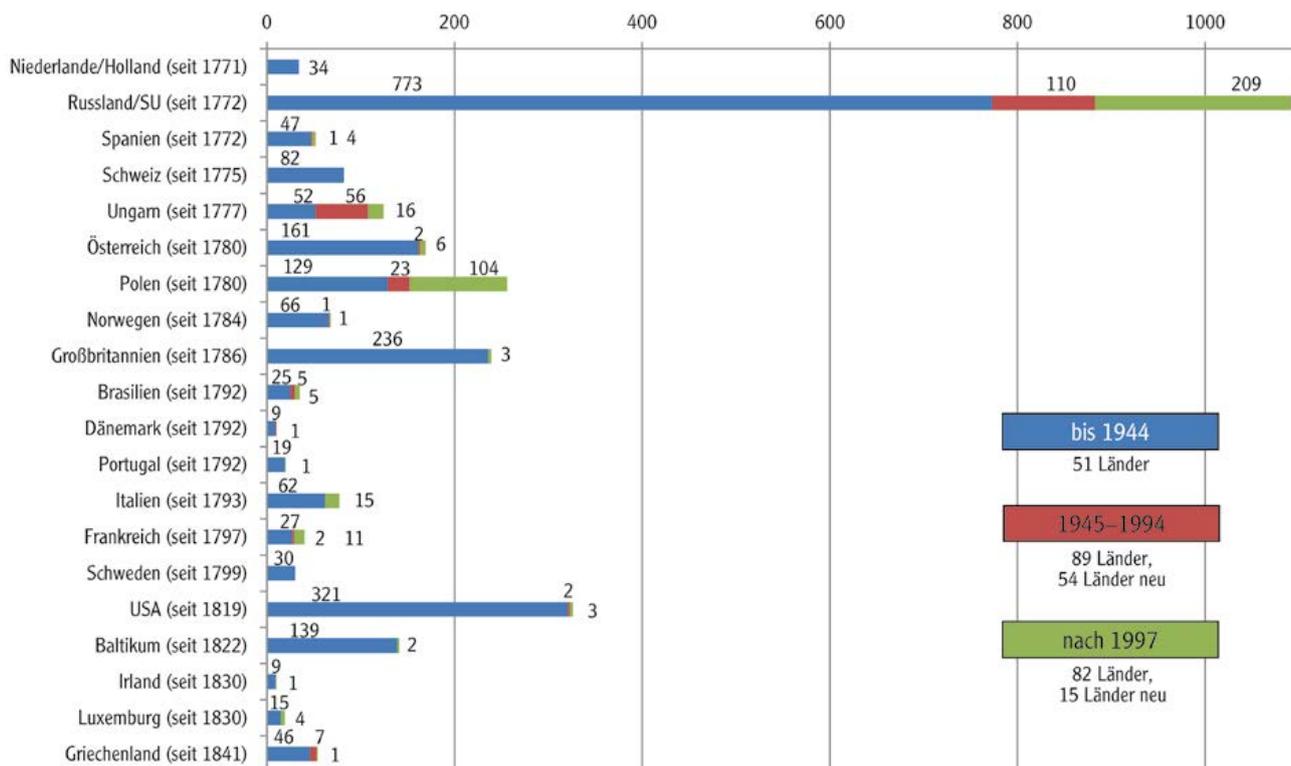


Abb. 1: Herkunft und Anzahl der ausländischen Studierenden nach erstmaliger Einschreibung an der TU Bergakademie Freiberg

den USA nach Freiberg gekommen war, wurde 1885 mit Mary Hegeler (Matrikelnr. 3378, USA) die erste reguläre Studentin immatrikuliert.

Abb. 2 stellt die veränderten Anteile der Herkunftsregionen in den drei gewählten Zeitabschnitten dar und verdeutlicht, dass in der Zeit vor 1945 Europa, Russland und die USA – unter insgesamt 51 Ländern – die wichtigsten Heimatregionen unserer ausländischen Studenten waren. Im Zeitraum 1945–1994 blieben Europa und nun natürlich auch die Sowjetunion wichtige Herkunftsregionen; aber immer mehr Studenten entstammten inzwischen der südlichen Erdhalbkugel: Südamerika, Afrika, insbesondere auch arabischen Staaten, und Asien. In summa zählte man nun 89 Herkunftsländer. Seit 1997 rekrutieren sich unsere ausländischen Studierenden wieder hauptsächlich aus Regionen Asiens sowie aus Europa und Russland (weniger aus Afrika und Lateinamerika, wenn auch von dort her mit steigender Tendenz, Abb. 3). Die Anzahl von insgesamt 82 Herkunftstaaten (darunter 15 vordem nicht erwähnte) demonstriert die ausgeprägte Diversität der an der Bergakademie nunmehr gastweise vertretenen Kulturen. Zusammen gerechnet studierten bis zum Jahr 2012 Studenten aus 120 Ländern in Freiberg.

Waren es Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts aufstrebende Industriestaaten, wie Russland, die USA, England oder Japan, die in Freiberg einen guten Ausbildungsort für die Montanwissenschaften sahen, stammten die Auslandsstudenten nach 1945 vor allem aus Entwicklungsländern wie Vietnam, Nordkorea, Kuba, Algerien, Marokko, Äthiopien oder Jemen, die gerade ihre staatliche Unabhängigkeit von den Kolonialmächten erlangt hatten und in den Interessenbereich der sozialistischen Ideologie gerieten. In einer zweiten Etappe folgten in den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts dann Herkunftsländer wie Mocambique (ab 1969, 40 Studenten), Angola (ab 1984, 24 Studenten) und Sambia (ab 1969, 14 Studenten). Die Entsendung der Studenten erfolgte in der Regel auf der Grundlage von Staatsverträgen.

Seit 1997 haben sich Studenten aus 15 neu hinzugekommenen Herkunftstaaten eingeschrieben, überwiegend aus Asien, darunter auch aus nach dem Zerfall der Sowjetunion (wieder-)konstituierten Nationalstaaten wie Kasachstan, Usbekistan oder Weißrussland und weiteren Ländern (Abb. 4).

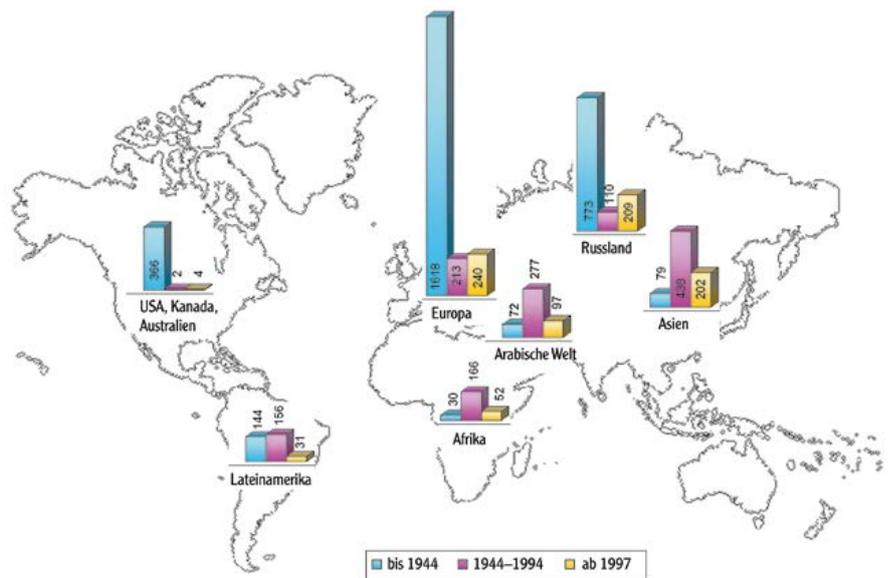


Abb. 2: Anzahl ausländischer Studierender nach Zeitabschnitten und Regionen (1765–2012)

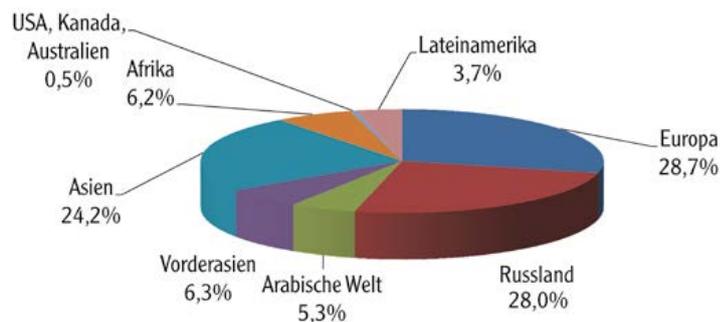


Abb. 3: Herkunft ausländischer Studenten ab 1997

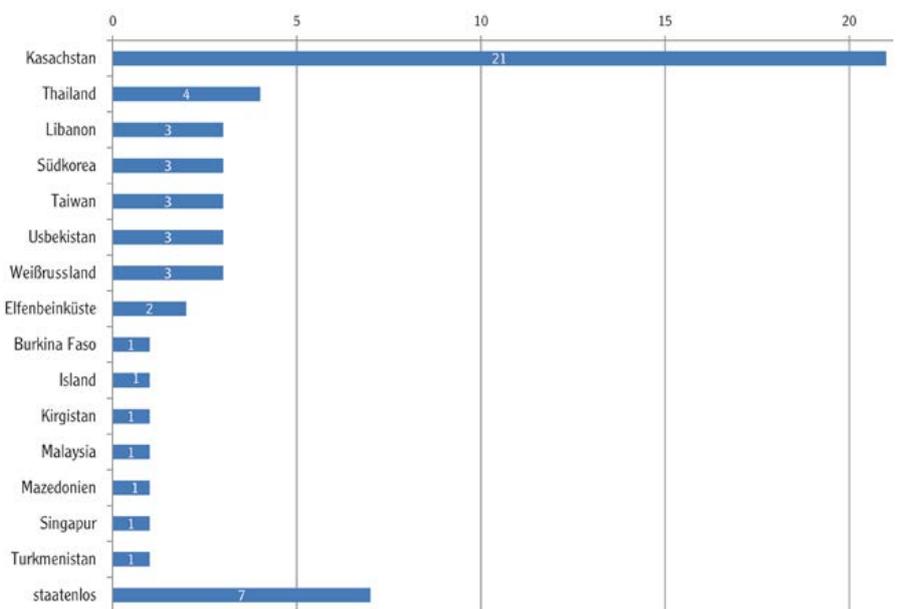


Abb. 4: Neue Herkunftsländer von Studenten nach 1997 und deren Anzahl bis 2012 in Freiberg

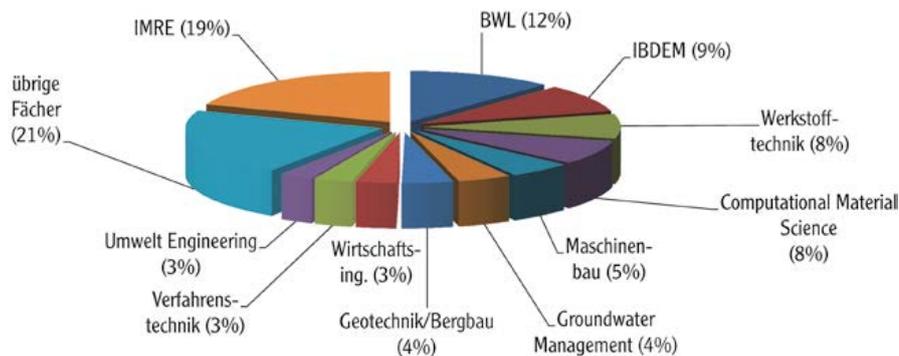


Abb. 5: Anteil ausländischer Studierender nach Studiengängen im Jahr 2013 an der TU Bergakademie Freiberg

2013 studierten junge Leute aus 72 Ländern in Freiberg (Abb. 5). Die von ihnen bevorzugten Studiengänge lagen bzw. liegen in den traditionellen Fächern Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Bergbau und Werkstoffwissenschaften; hinzu kommen in neuerer Zeit die Wirtschaftswissenschaften und die Informatik. Der Anteil ausländischer Studierender an diesen deutschsprachigen Studiengängen schwankt zwischen fünf und 15 Prozent. Um die Attraktivität Freibergs für ausländische Studieninteressenten zu verstärken, werden seit dem Jahr 1999 auch englischsprachige Master-Studiengänge angeboten: zuerst IMRE (*International Management of Resources and Environment*), später weitere, wie IBDEM, *Groundwater Management* und *Computational Material Science*, in denen ca. 40 % der in Freiberg immatrikulierten Ausländer studieren (Abb. 5), sowie *Geoscience, Sustainable Mining and Remediation Management* (seit 2010) und *Advanced Mineral Resource Development* (seit 2012).

Die Ergebnisse der Statistik zeigen, dass in einigen zuvor wichtigen Herkunftsländern (USA, England, Rumänien, Österreich, Türkei, Schweiz, Italien und Norwegen) im Zeitraum 1945–1994 kein oder nur vereinzelt Interesse an einem Studium in Freiberg bestand. Zum einen ist dies auf die jeweiligen politischen Konstellationen zurückzuführen (politische Lagerbildung, »Eiserner Vorhang«, Kalter Krieg usw.). Zum anderen waren in heute führenden Industriestaaten, wie USA und England, nach Zeiten der Inanspruchnahme ausländischer Ausbildungskapazitäten längst eigene Montanhochschulen aufgebaut.

Erst nach 1997 kamen wieder mehr Studenten aus vormals traditionellen Herkunftsländern (beispielsweise Türkei, Italien und Frankreich); aus anderen Regionen blieb dagegen der Zuspruch bis heute aus, da nach 1945 insbesondere

der englischsprachige Raum mit seinen starken Bergbauregionen in Nordamerika, Australien, Südafrika und Indien zur bevorzugten Zielregion für Studierende avancierte.

Ab 1954 erhöhte sich die Zahl der Herkunftsländer durch das Studieninteresse aus damals neu entstandenen Staaten, die noch nicht über eigene montanwissenschaftliche Ausbildungsstätten verfügten, wie beispielsweise Vietnam, Mongolei, Nordkorea oder Syrien.

Russland bzw. die Sowjetunion und Polen waren die einzigen Herkunftsländer für Studentengruppen in allen drei der dargestellten Zeitabschnitte. In jüngster Zeit – seit 1997 – tritt vor allen das aufstrebende China als Bewerber-Herkunftsland hervor. Es stellt aktuell die zahlenmäßig größte Studentengruppe. Generell ist festzustellen, dass die Präsenz relativ größerer Gruppen aus jeweils bestimmten Ländern mit den konkreten staatlichen und zwischenstaatlichen Interessenlagen, die über eine gewisse Zeit vorherrschen, korreliert ist.

Schließlich vermittelt Abb. 6 einen summarischen Überblick über das Auf und Ab des Anteils der ausländischen Studierenden an der TU Bergakademie Freiberg. Es lassen sich die folgenden markanten Etappen unterscheiden:

- In den ersten 100 Jahren nach Gründung der Bergakademie lag die Gesamtzahl der Freiburger Studenten bei unter 100 – mit Ausnahme einer kurzen Zeitspanne um 1860. Der Ausländeranteil erreichte im Jahr 1800 erstmals ca. 20 %, sank in den darauffolgenden 20 Jahren auf knapp unter 10 % ab, stieg aber in den anschließenden zwei Jahrzehnten wieder auf ca. 25 % an. Im Jahr 1870 verdoppelte sich der Ausländeranteil sprunghaft auf über 50 %.

- Mit der Gründung des Deutschen Reiches wurde die Bergakademie Freiberg ausgebaut und verbuchte im Zeit-

raum 1900 bis 1920 insgesamt ca. 400 Studierende. Der Ausländeranteil blieb bis zum Ausbruch des I. Weltkriegs mit ca. 50 % auf hohem Niveau; er übersprang kurz vor Kriegsbeginn sogar die 60-Prozent-Marke, um sich dann bis 1920 auf ca. 30 % zu halbieren.

- In der sich anschließenden Zeitspanne der Weltwirtschaftskrise und der Vorbereitung des II. Weltkriegs reduzierte sich die Gesamtzahl der Studenten um die Hälfte: auf unter 200! Der Ausländeranteil stieg dabei aber erneut auf knapp 50 % an.

- Bereits 1945 wurde die Bergakademie Freiberg wiedereröffnet. Das Berg- und Hüttenwesen und die Verfügbarkeit einschlägig qualifizierter Fachkräfte waren für den notwendigen Wiederaufbau der Wirtschaft in der dann 1949 gegründeten DDR eine unverzichtbare Grundlage. Deshalb wurde die Studentenzahl der Bergakademie in den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts auf ca. 3.000 Studenten erweitert. Die Alma Mater ergriff nur zu gern die Möglichkeit, fast alle heute noch die Struktur des Campus bestimmenden Gebäude und die Wohnheime in der Winklerstraße zu errichten, später dann die Bibliothek und die neue Mensa. Ausländische Studierende blieben unmittelbar nach dem Krieg zunächst aber aus; solche »wagten« sich erst ab Anfang der 50er-Jahre wieder nach Freiberg. Der Ausländeranteil blieb in dieser von der Planwirtschaft geprägten Phase aber bis 1990 deutlich unter 10 %.

- Nach 1990 verzeichnete die Bergakademie zunächst einen drastischen Abfall der Studentenzahlen, maßgeblich dadurch bedingt, dass in der öffentlichen Meinung hierzulande montanistische Themen in Verruf geraten waren – angesichts der gravierenden Umweltbelastungen, die die Grundstoffindustrie der DDR hinterlassen hatte. Das war nicht zuletzt vor dem Hintergrund des flächendeckenden Einbruchs der Industrieproduktion im Osten Deutschlands durchaus verständlich. Die Gesamtstudierendenzahl verringerte sich bis 1994 daher auf ca. 2.000, erholte sich aber danach wieder und stieg kontinuierlich bis auf 5.700 (im Jahr 2013). Der Ausländeranteil erhöhte sich nach 1990 schnell auf etwas über 10 % und hält dieses Niveau bis heute. Eine wesentliche Ursache für das Anwachsen des Ausländeranteils nach 1990 war die Tatsache, dass die Bergakademie Freiberg mit ihrem nunmehr offiziell besiegelten Universitätsstatus relativ rasch

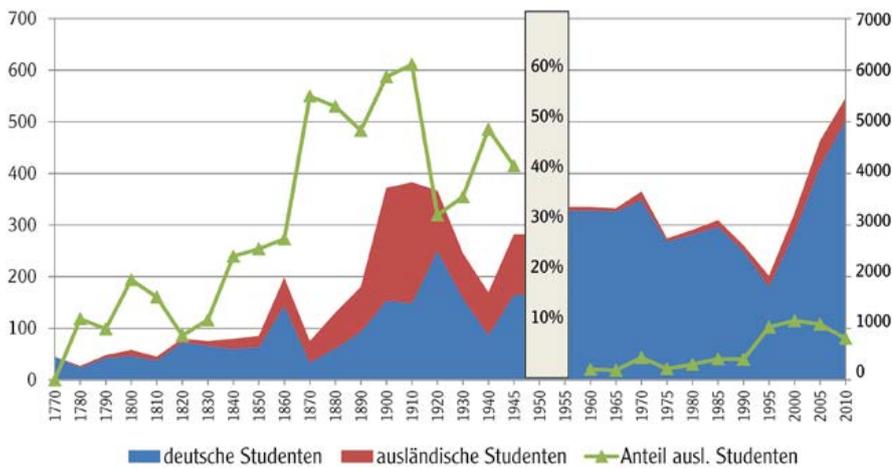


Abb. 6: Entwicklung der Gesamtzahl der Studierenden an der Bergakademie Freiberg und des Anteils ausländischer Studenten

als fester Bestandteil in die Hochschullandschaft der Bundesrepublik Deutschland integriert und damit für viele Studierwillige aus dem benachbarten osteuropäischen Ausland ein Tor zum freiheitlich-demokratischen Europa war – ein Aspekt, dank dessen auch die Kooperation mit westeuropäischen Universitäten wieder auflebte und neue, aufstrebende Industrienationen, wie China, starkes Interesse an westlichem, international konkurrenzfähigem Wissen entwickelten.

Instrumente der Internationalisierung an der TU Bergakademie

Konkrete, die Internationalisierung organisierte fördernde Strukturen entstanden erst ca. 150 Jahre nach Gründung der Bergakademie mit der Einrichtung einer Akademischen Auslandsstelle im Jahr 1929, der 1935 die Gründung eines Außeninstituts folgte. Die Bildung dieser Strukturen fällt in die Zeit, in der Deutschland ein weiteres Mal nach Weltgeltung strebte. Der Ausländeranteil hatte sich zu Beginn der 30er-Jahre des 20. Jahrhunderts halbiert, konnte aber bis zum Ausbruch des 2. Weltkrieges wieder deutlich gesteigert werden. 1937 kam es zur Bildung einer Absolventenvereinigung, des sog. Humboldt-Klubs, der sich 1943 wieder auflöste. In der Periode bis 1945 (genauer: 1907–1937) erhielten 50 Persönlichkeiten eine Ehrenpromotion an der Bergakademie Freiberg, darunter fünf Industrievertreter des Auslands (drei Persönlichkeiten aus den USA, eine aus Niederländisch-Indien, eine aus Schweden).

Internationalisierung 1945–1990

Noch 1945 wurde die Bergakademie Freiberg durch die Kommandantur der sowjetischen Besatzungsmacht unter Lei-

tung von M. J. Osernoj (1902–1974) wiedereröffnet. Das geteilte Deutschland war zugleich die Nahtstelle zweier Weltssysteme, die sich beiderseits des »Eisernen Vorhangs« konfrontativ gegenüberstanden. Dies hatte zur Folge, dass die Internationalisierung der Bergakademie weitgehend auf Aktivitäten innerhalb der sozialistischen Einflussphäre begrenzt wurde. Unter den Auspizien der Planwirtschaft bis 1990 standen vor allem solche institutionellen Kontakte im Vordergrund, die der staatlichen Budgetierung und Kontrolle unterlagen. Individuelle Kontakte wurden über Tagungsreisen geknüpft und gehalten.

Institutionelle Kontakte. Am Anfang der internationalen Zusammenarbeit stand die Entsendung von Langzeitdozenten aus der Sowjetunion an die Bergakademie Freiberg:

- 1954–56: Kaschtschejew (Bergbau-Tiefbau)
- 1954–65: Pochwisnew (Eisenhüttenkunde)
- 1956: Utkin, 1958, 1963: Solowjow (Tiefbohrtechnik)
- 1956–57: Buljanow (Erkundung Erdöl)
- 1959–1963, 1966: Snarsky (Erdölgeologie)
- 1962–63: Bulawin (Silikattechnik)

Ab 1953 fanden sich dann wieder ausländische Studenten an der Bergakademie Freiberg ein, zunächst aus den osteuropäischen Nachbarländern »delegierte«.

Eine Neuerung in der Qualität der institutionellen Zusammenarbeit war der Abschluss von Freundschaftsverträgen mit profilverwandten ausländischen Universitäten. Insgesamt wurden 17 solcher Verträge mit Partnerhochschulen in folgenden Städten/Ländern geschlossen:

- 1960: Krakau (Polen), Ostrava (Tschechoslowakei), Miskolc (Ungarn)
- 1965 Potosi (Bolivien, einziger Partner im »Nichtsozialistischen Weltsystem«)
- bis 1970: Bergbauinstitute Moskau, Petroşani (Rumänien), Košice (Tschechoslowakei), Donezk (Ukraine)
- bis 1980: Moskauer Institut für Stähle und Legierungen, Moskauer Universität für Erdöl und Erdgas, Universität für Bergbau und Geologie »Ivan Rilski«, Sofia (Bulgarien), Moskauer Institut für geologische Erkundung, Universität Zagreb (Jugoslawien)
- bis 1990: Wrocław (Polen), Moa (Kuba), Ulan Bator (Mongolei), St. Petersburg (Sowjetunion)

Die Freundschaftsverträge bildeten die Grundlage für den organisierten Austausch von Studenten, Hochschullehrern und Wissenschaftlern auf der Basis von Arbeitsplänen zwischen den Partnern. Diese sahen bspw. Exkursionen und den Austausch von jungen Wissenschaftlern im Rahmen ihrer Promotion vor.

Eine besondere Rolle im grenz- und systemüberschreitenden Gedankenaustausch spielte der Berg- und Hüttenmännische Tag (BHT), die zentrale wissenschaftliche Veranstaltung der Bergakademie Freiberg, die seit 1949 zu einem Forum der internationalen Kommunikation wurde. Nach der Schließung der innerdeutschen Grenze 1961 unterlag der Gedanken- und Personenaustausch noch weitaus strengeren Restriktionen.

Eine weitere Besonderheit der Internationalisierung der Hochschulausbildung in dieser Zeitperiode war die gezielte Auswahl und Entsendung von Studenten zu einem Vollzeitstudium in die Sowjetunion bzw. in die sozialistischen Nachbarländer. Zur Vorbereitung auf das Auslandsstudium wurden alle Zugelassenen in der Regel im letzten Jahr vor dem Abitur an der Arbeiter- und Bauernfakultät in Halle zusammengezogen. Dort erfolgte auch die Sprachvorbereitung. Es gab ca. 40 Gruppen á 25 Schülern, u. a. eine Gruppe für georelevante Fachrichtungen.

Strukturen. Nach dem Ausbau und der Stabilisierung der Bergakademie wurde für Zwecke der Koordinierung aller Internationalisierungsaktivitäten 1961 das Außeninstitut etabliert. Die zunehmende Bedeutung der Internationalisierung führte 1970 zur Einrichtung eines Direktorsrats für internationale Beziehungen.

Ehrenpromotionen. Im Zeitraum von 1955 bis 1990 erhielten 44 Persönlich-

keiten eine Ehrenpromotion der Bergakademie, darunter 25 ausländische, fast ausschließlich Professoren, inklusive vier Rektoren (elf aus der UdSSR, ein Wissenschaftler aus der Ukraine, drei Polen, drei Professoren aus der Tschechoslowakei, drei Ungarn, ein Brite, ein Wissenschaftler aus Jugoslawien (Kroatien), einer aus der Mongolei, ein Österreicher, ein USA-Vertreter). Damit wuchs der Ehrenpromotion eine herausgehobene Bedeutung für die Vernetzung mit der internationalen Wissenschaft zu (57% der Ehrenpromotionen hatten eine internationale Dimension).

Internationalisierung ab 1990

Die Internationalisierung von Lehre und Forschung an der Bergakademie Freiberg wird seit 1990 durch staatliche, institutionelle und individuelle Aktivitäten gleichermaßen geprägt. Diese stützen sich auf eine Vielzahl von privaten, staatlichen oder EU-geförderten Instrumenten. Nach einer Evaluierung der Freundschaftsverträge wurde die Zusammenarbeit mit den bereits traditionell gut vernetzten Partnern fortgesetzt. Derzeit unterhält die TU Bergakademie Freiberg vertragliche Beziehungen zu ca. 200 Hochschulen – davon ca. 40 über Hochschulverträge – und weitere auf der Ebene von Fakultäten und Instituten. Auf Initiative von Hochschullehrern werden den Studenten zahlreiche Angebote zur Internationalisierung der Ausbildung angeboten, beispielsweise Exkursionen, Sommerschulen oder die Einladung von Gastdozenten.

Eine besondere Rolle spielte das TEMPUS-TACIS-Mobilitätsprojekt »Joint Education in Natural Resources Management« (1996–2001), das durch die Bergakademie koordiniert wurde. Projektpartner waren die Montanuniversität Leoben, Österreich, das Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), Nancy, Frankreich, die TU Clausthal, das Konsortium der Moskauer Universitäten sowie die Staatliche Technische Universität Uchta. Ziel des Projekts war die Schaffung eines für Studierende und Doktoranden frei zugänglichen Netzwerks.

Als besondere Studienform wurden Doppelabschluss-Programme eingeführt. Die Studenten absolvieren dabei in der Regel nach ihrem Studium an der Heimatuniversität zum Studienabschluss hin einen zweisemestrigen Aufenthalt an der Gastuniversität: ein Semester für Lehrveranstaltungen und eines für die

Abschlussarbeit. Derartige Programme sind in mehreren Studiengängen mit zahlreichen europäischen Hochschulen, beispielsweise in Italien, Frankreich, Polen, Russland u. a., vereinbart. Auch eine Doppelpromotion ist auf der Grundlage einschlägiger Vereinbarungen möglich.

Im Sinne der Intensivierung der Internationalisierung werden ab dem Jahr 2000 auch englischsprachige Master-Studiengänge angeboten. Aber auch für die individuelle Studiengestaltung stehen den Studenten vielfältige Möglichkeiten offen, die es beispielsweise erlauben, ein Teilstudium im Ausland mit Anrechnung der dort erbrachten und attestierten Studienleistungen zu absolvieren. Die Finanzierung des Auslandsaufenthalts wird dabei durch Organisationen wie den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD), IAESTE, die Europäische Union (Tempus, Sokrates/ERASMUS-Programm), das Fulbright-Stipendium für den Austausch mit USA-Hochschulen oder dem British Council unterstützt.

Abb. 7 informiert über die Nutzung des ERASMUS-Programms der Europäischen Union anhand der Zahlen zu den Ein- und Ausreisen von Studenten aus Sicht der TU Bergakademie Freiberg. Im Jahr 2014 bestehen nunmehr 110 Bilateralvereinbarungen mit 79 Hochschulen in 22 Ländern zum Austausch von Studenten und Dozenten.

Des Weiteren unterstützen private Sponsoren und Stiftungen die Ausweitung der internationalen Studienaktivitäten, beispielsweise der in Freiberg tätige Unternehmer Federmann mit einem nach ihm benannten Stipendium für den Austausch mit Israel – oder die Verbundnetz Gas AG für den Austausch mit den Partnerhochschulen in Prag, Krakau, St. Petersburg und Trondheim, d. h. überall dort, wo auch enge Geschäftsbeziehungen bestehen.

Strukturen. 1990 wurde für die organisatorischen Aufgaben der Internationalisierung das Akademische Auslandsamt eingerichtet – und 1994 die Stelle eines EU-Koordinators für die speziellen Belange der Erschließung und Nutzung der EU-Förderprogramme in Lehre und Forschung. Schließlich wurden im Jahr 2000 die Auslandsaktivitäten der TU Bergakademie Freiberg im Internationalen Universitätszentrum (IUZ) gebündelt und von 2004 bis 2009 durch einen Prorektor für Außenbeziehungen unterstützt.

Ein besonderer Stellenwert in der internationalen Zusammenarbeit der TU Bergakademie Freiberg kommt traditionell den Partnerschaftsbeziehungen mit Russland zu. 2001 wurde mit der Schwesterhochschule in St. Petersburg erstmals ein Kooperationsvertrag unterzeichnet, dem sich auf beiden Seiten Industrieunternehmen als Partner anschlossen (Gazexport und VNG AG). Eine weitere Vereinbarung folgte 2003 mit der Universität aus Petrosani, Rumänien (Industriepartner: TAKRAF und C.N.L.O. und ROMINEX).

Zum Petersburger Dialog 2006 in Dresden initiierten beide Bergbauuniversitäten ein Memorandum zur Gründung eines Deutsch-Russischen Rohstoffforums (DRRF), unterzeichnet im Beisein von Bundeskanzlerin Merkel und des russischen Präsidenten Putin. Das DRRF hat sich die Schaffung einer effektiven Kommunikationsplattform in Fragen der Ausbildung, Wissenschaft und Wirtschaft zum Ziel gesetzt und ist heute die bedeutendste nichtstaatliche Initiative im Rohstoffsektor beider Länder. Mit der Einweihung des Lomonossow-Hauses im Februar 2014 am einstigen Studienort des Gelehrten wurde ein neues Kapitel der universitären Kooperation eingeleitet: Die Bergbau-Universität St. Petersburg investierte in dieses Projekt, um ein Ap-

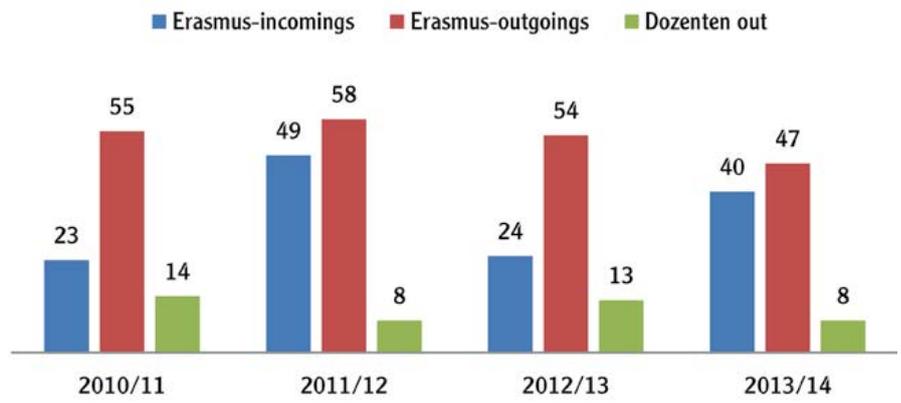


Abb. 7: Entwicklung des Studentenaustauschs im Rahmen des ERASMUS-Programms (2010–2014)

partement- und Begegnungszentrum für und mit russischen Studenten in Freiberg zu etablieren. Der Aufbau einer Deutsch-Russischen Universität ist ein neues, herausforderndes Projekt der beiden Partner.

Ein weiterer Meilenstein der Internationalisierung von Lehr- und Forschungsaktivitäten der TU Bergakademie war im Jahr 2007 die Gründung der *International University of Resources* (IUR), die zunächst fünf führende Universitäten aus Ländern mit starker Grundstoffindustrie verbindet: neben der TU Bergakademie Freiberg die Montanuniversität Leoben (Österreich), die Bergbau-Universität St. Petersburg, die Nationale Bergbauuniversität Dnepropetrovsk (Ukraine) und die Berg- und Hüttenakademie Krakau (Polen). Ziel der IUR ist es, die internationale Zusammenarbeit zu fokussieren, die Stärken der einzelnen Partner besser zum gegenseitigen Vorteil zu erschließen und effektiv zu nutzen, insbesondere auf den Gebieten Konferenzen, Publikationen, Forschung sowie Aus- und Weiterbildung.

In diesem Sinne wurde 2012 ein gemeinsamer englischsprachiger Master-Studiengang *Advanced Mineral Resource Development* als *joint degree* zwischen den Universitäten Leoben, Dnepropetrovsk und Freiberg eingerichtet. Die Studenten absolvieren an jedem der Standorte ein Semester und verbringen das letzte zum Anfertigen der Masterarbeit an einer der drei Partneruniversitäten.

Nach erfolgreichem Abschluss erhalten sie das Diplom aller drei Universitäten.

2012 wurde in Freiberg das Weltforum der Ressourcen-Universitäten für Nachhaltigkeit ins Leben gerufen, dem sich bis heute bereits 100 internationale Partner angeschlossen. Das Forum setzt sich die Etablierung und Entwicklung internationaler Ausbildungsstandards im Bereich der Ressourcentechnologien zum Ziel, die den Anforderungen an eine auf Nachhaltigkeit orientierte Entwicklung gerecht werden.

Die TU Bergakademie Freiberg unterstützt als Fachkoordinatorin die Umsetzung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung, beispielsweise hilft sie seit 2012 dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) beim Aufbau der Deutsch-Mongolischen Universität für Bergbau und Technologie (GMT) in Ulan Bator und dem Auswärtigen Amt (AA) bei der Entwicklung der Hochschulausbildung im Bergbausektor Afghanistans. In weiteren Projekten wird über den DAAD beispielsweise die Geo-Ausbildung im Irak oder die werkstoffwissenschaftliche Ausbildung im Kosovo unterstützt. Jüngstes Projekt ist nach Überwindung der nach 1990 einsetzenden innenpolitischen Krise und relativer Stabilisierung der innenpolitischen Situation die Wiederbelebung der Kontakte zu Mocambique. 2014 sind nach 25 Jahren wieder die ersten zehn vom Bergbauministerium unterstützten

Studenten von dorthier nach Freiberg gekommen.

Ehrenpromotionen. Im Zeitraum 1992 bis 2012 wurde an 37 Persönlichkeiten eine Ehrenpromotion für besondere Verdienste in der wissenschaftlichen Zusammenarbeit verliehen, darunter sieben an Partner im Ausland (19%)

Ausländische Mitarbeiter. Seit 1990 hat sich der Anteil von Mitarbeitern an der TU Bergakademie Freiberg mit ausländischer Herkunft deutlich erhöht. Heute lehren Professoren aus Österreich (1), der Tschechischen Republik (1), Polen (4), Saudi-Arabien (1), USA (1) und Griechenland (2) in Freiberg. Unter den Mitarbeitern der Universität befinden sich ca. 150 mit ausländischen Wurzeln (ca. 8%), überwiegend aus Russland, der Ukraine und China. Zahlreiche ausländische Promovenden forschen derzeit an unserer Universität (ca. 25%).

Danksagung: Der Beitrag entstand mit Unterstützung zahlreicher Stellen der TU Bergakademie Freiberg, insbesondere seitens des Universitätsarchivs, Herrn Dr. Kaden, des Internationalen Universitätszentrums, Frau Lange, Frau Seidel, der Universitätsverwaltung, Frau Kühne, Frau Uchler sowie durch Mitarbeiter des Instituts für Bergbau und Spezialtiefbau, namentlich durch Herrn Eichler.

Literatur

- Wagenbreth O, Pohl N, Kaden H, Volkmer R: Die Technische Universität Bergakademie Freiberg und ihre Geschichte 1765–2008, 3. Auflage, TU Bergakademie Freiberg, 2012.

100. Hochschule beigetreten — Nächstes Weltforum in Japan

Zum 3. Weltforum der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit (WFURS) vom 19. bis 21. Oktober 2014 an der Montanuniversität Leoben waren 50 Mitgliedsuniversitäten aus vier Kontinenten angereist. Der Meinungsaustausch zu internationalen Standards in der Ausbildung im Rohstoffbereich war ein Schwerpunktthema. Gerade für Länder wie Kenia ist dieser Austausch wichtig. Das Land ist reich an Rohstoffen, habe jedoch nur wenig ausgebildete Ingenieure vor Ort, so Rektor Prof. Boga vom Taita Taveta University College, Kenia.

Insgesamt sind dem Weltforum seit seiner Gründung im Jahr 2012 100 Mitgliedsuniversitäten aus 56 Ländern und allen fünf Kontinenten beigetreten. Das WFURS wurde im Jahr 2012 in Freiberg von der TU Bergakademie Freiberg und der St. Petersburger Bergbauuniversität gegründet. Das Ziel ist die weltweite Umsetzung des Prinzips der nachhaltigen Entwicklung in Forschung und Ausbildung an den Hochschulen im Rohstoffbereich. Darüber hinaus will das Weltforum ein neues Rohstoffbewusstsein in Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik schaffen: »Die Hochschulen sind die Kaderschmieden für die zukünftigen Fach- und Führungskräfte in diesem Bereich. Daher wollen wir gemeinsame Ausbildungsstandards etablieren, die Nachhaltigkeit bei den Rohstoffen vermitteln,



World Forum of Universities of Resources 2014 in Leoben: Gruppenfoto vor dem »Hauly« am steierischen Erzberg

also mehr Effizienz, Vermeidung, Ersatz und Recycling«, so Prof. Bernd Meyer, Rektor der TU Bergakademie Freiberg.

In der Mitgliederversammlung wurde Prof. Bernd Meyer für ein weiteres Jahr als Präsident des WFURS wiedergewählt, wie auch Prof. Carsten Drebenstedt für vier Jahre als erster Generalsekretär. Prof. Akira (Akita University, Japan) wurde zum Schatzmeister bestimmt. Die kommende Jahrestagung findet vom 12. bis 17. September 2015 in Akita statt. Informationen zum WFURS und die Liste aller Mitglieder: <http://www.worldforum-sustainability.org/>

Fakultät für Mathematik und Informatik

Methodenkompetenz für die Ressourcenuniversität

Felix Ballani, Swanhild Bernstein, Michael Eiermann, Konrad Froitzheim, Udo Hebisch, Bernhard Jung, Oliver Rheinbach, Dietrich Stoyan

Einleitung

Dass eine Technische Universität ohne Mathematik und Informatik undenkbar ist, ist eine Binsenweisheit: Hinter allen Technologien bzw. Errungenschaften, die aus unserem Leben nicht mehr wegzu-denken sind – seien es Autos, Flugzeuge, Roboter oder das Internet – stehen Erkenntnisse und Methoden der Informatik und der Mathematik. Die Enquete-Kommission der Amerikanischen Akademie der Wissenschaften hat dies mit dem Satz »Hochtechnologie ist im Wesentlichen mathematische Technologie« prägnant beschrieben. Technische Innovationen sind heute und in Zukunft ohne Computereinsatz und mathematisches Know-how kaum mehr denkbar. In der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschung spielen mathematische Modellierung, rechnerische Simulation und Datenvisualisierung eine zentrale und immer wichtigere Rolle: Während über Jahrhunderte Theorie und Experiment die wesentlichen Quellen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns waren, hat sich in den letzten Jahrzehnten durch das Aufkommen des Computers das wissenschaftliche Arbeiten grundlegend verändert. Schnelle Computer ermöglichen es, komplizierte Gleichungen, die physikalische Gegebenheiten beschreiben, aufzulösen und dann die Lösungen bildhaft darzustellen. Numerische Simulationen auf Hochleistungsrechnern werden heute in den Natur- und Ingenieurwissenschaften regelmäßig dort eingesetzt, wo Experimente entweder prinzipiell unmöglich oder zu teuer sind. Man denke etwa an Klimasimulationen oder an das Entwerfen neuer Flugzeuge, die in der

Entwicklung zunächst nur als Computermodell existieren. Der Einsatz von Computersimulationen ist derart umfassend geworden, dass das wissenschaftliche Rechnen mittlerweile neben Theorie und Experiment als die dritte Quelle wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns gilt.

Den Herausforderungen dieser rasant voranschreitenden Mathematisierung der Natur- und Ingenieurwissenschaften stellt sich die Fakultät 1 in zweierlei Hinsicht: Zum einen bringt sie ihre mathematische und informatische Methodenkompetenz in praktisch alle Fakultäten an der TU Bergakademie Freiberg ein. Als »Methodenlieferant« muss man aber mit dem *State of the Art* der jeweils aktuellen Forschung vertraut sein, was eigene disziplinäre Forschung in den entsprechenden mathematischen Teilgebieten voraussetzt. Außerdem müssen diese Methoden an Erfordernisse des Anwendungsgebiets angepasst werden, was neue, vorwiegend interdisziplinäre Forschungsfragen aufwirft. Zum anderen sieht die Fakultät 1 ihre Aufgabe darin, die Studierenden der TU Bergakademie mit dem mathematischen und informatischen Handwerkszeug auszustatten, das für ihr späteres Berufsleben unerlässlich ist. Der Erwerb des »Handwerkszeugs« beschränkt sich hier nicht auf das Erlernen tradierter Methoden und Algorithmen, sondern schließt die Fähigkeit ein, auf neue Fragen innovative Antworten zu finden. In der Box »Mathematische Lehre« wird dies eingehender beschrieben.

Sind die Freiburger Mathematik und Informatik diesen Herausforderungen gewachsen und wie ordnen sie sich in das Ressourcenprofil der Bergakademie

ein? Die folgenden Abschnitte werden diese Fragen beantworten, wo Einblicke in die anwendungsbezogene Forschung der Freiburger Mathematik und Informatik gegeben werden. Angesichts der zahlreichen Projekte, in denen sich die Angehörigen der Fakultät engagieren, kann dieser Überblick nicht vollständig sein. Die Auswahl der Anwendungsbeispiele aus Geo-, Material-, Energie- und Umweltwissenschaften soll aber die enge Verknüpfung der Fakultät mit den Profillinien der Universität verdeutlichen.

Der Beitrag beginnt mit einer Darstellung der mittlerweile 250-jährigen Historie der Mathematik an der Bergakademie – der erste berufene Professor der Bergakademie, Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier, war Mathematiker – sowie der inzwischen ca. 25-jährigen Geschichte der Informatik in Freiberg. Heute gibt es fünf Institute an der Fakultät, nämlich »Angewandte Analysis«, »Diskrete Mathematik und Algebra«, »Numerische Mathematik und Optimierung«, »Stochastik« sowie »Informatik«. Es würde den Umfang dieses Artikels sprengen, wollte man die historische Entwicklungen und Forschungsaktivitäten aller Institute detailliert beschreiben. Stellvertretend wird die »Freiberger Stochastik« im dritten Abschnitt eingehend dargestellt.

In den folgenden drei Abschnitten werden exemplarisch Projekte aus den Instituten »Analysis«, »Numerische Mathematik und Optimierung« sowie »Informatik« vorgestellt. Neben den Methoden und Algorithmen werden dabei auch praxisrelevante Anwendungen im Rahmen des Ressourcenprofils der Bergakademie erläutert. Bemerkt sei, dass ein und



Abb. 1: Interaktive Visualisierung wissenschaftlicher Daten aus den Geo-, Material- und Energiewissenschaften in der CAVE. Links: Seismische Daten der Region Schneeberg; Mitte: Simulierte Filtrationsprozesse im Sonderforschungsbereich 920; rechts: Computersimulation einer Kohlenstaubflamme im Zentrum für Innovationskompetenz Virtuhcon

dieselben mathematischen und informatischen Methoden oft in ganz unterschiedlichen Gebieten von Nutzen sind. Abb. 1 veranschaulicht dies am Beispiel der CAVE des Instituts für Informatik, wo einander ähnliche Verfahren zur Visualisierung wissenschaftlicher Datensätze aus Geo-, Material- und Energiewissenschaften praktiziert werden.

Mathematik und Informatik unterliegen einer stetigen, sich ständig beschleunigenden Entwicklung. Schon heute werden Theorien, Methoden und Algorithmen entwickelt, die erst in einigen Jahren ihr volles Potenzial in der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Praxis entfalten werden. Eine treibende Kraft ist dabei die rasante technologische Weiterentwicklung bei Computern, deren Rechenkapazität auch in den nächsten Jahren weiter steigen wird. Vor diesem Hintergrund wird an der Fakultät die Entwicklung neuer Methoden mit dem Blick auf deren künftige Anwendbarkeit in Wissenschaft und Technik vorangetrieben. In den beiden letzten Abschnitten dieses Beitrags werden dazu – mit dem Supercomputing für neue Werkstoffe und der Entwicklung intelligenter Roboter – zwei Beispiele aus den Instituten für Numerische Mathematik und Optimierung bzw. für Informatik vorgestellt.

Von Anfang an dabei: die ersten 250 Jahre

Schon bei der Gründung der Bergakademie am 13. November 1765 war man sich der zentralen Rolle der Mathematik für die an dieser Einrichtung zu lehrenden Wissenschaften bewusst. So hatte beispielsweise ihr erster Leiter, Friedrich Wilhelm von Opperl,¹ bereits 1749 in seinem Buch *Anleitung zur Markscheidkunst nach ihren Anfangsgründen und Ausübungen* festgestellt: »Da die Markscheidkunst eine Wissenschaft der Größe und Lage ist, so hat solche mit allen besondern Arten der Messkunst dieses gemein, dass ihre Regeln aus mathematischen Gründen hergeleitet werden müssen«. Zudem bezeichnet er dort Mathematik und Naturlehre als »... die Tragstempel, auf welchen der ganze Schrot aller bergmännischen Wissenschaften ruht.«

Auch der obengenannte erste Mathematiker (und zugleich erste Professor an der Bergakademie), Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier, der zu Pfingsten 1766 seine Vorlesungen begann, äußerte

Mathematische Lehre an der Bergakademie Freiberg

Wie bereits aus der Stiftungsurkunde der Bergakademie vom 13. November 1765 hervorgeht, war deren primäres Ziel die Aus- und Weiterbildung der sächsischen Berg- und Hüttenleute, die offenbar von den traditionellen Latein- und Bergschulen nicht in ausreichendem Maße geleistet werden konnte. So heißt es im später nachgedruckten Avertissement vom 27. April 1767 unter anderem:¹

»Wie nun bey dieser Academie, zu Beybringung Bergmännischer Kenntniß, nicht nur in denen dazu eine systematische Anleitung gebenden Hülfswissenschaften, allgemeiner Unterricht zu geben ... ist. So werden

1) über die reine Mathematic, als Rechen-Kunst, Meß-Kunst und Winckel-Meß-Kunst, von dem dazu bestellten Professore, in dem academischen Hör-Saale, denen lehrbegierigsten Berg- und Hütten-Bedienten, und sämtlichen Academisten, Mittwochs und Sonnabends, in denen dazu bestimmten Vormittags-Stunden, öffentliche Vorlesungen gehalten.

2) Bekommen diejenigen, welche durch guten Begriff der reinen Mathematic sich dazu genugsam vorbereitet haben, in der Mechanic, Areometrie, Hydrostatic und Hydraulic, gleichmäßigen Unterricht.

3) Die Anweisung zur Fertigung geometrischer und perspectivischer Zeichnungen, ... wird ebenfalls einigen Academisten, deren Auswahl von ihrer Lehrbegierde und Fähigkeit abhängt, Mittwochs und Sonnabends in denen Nachmittags-Stunden gegeben.«

Das Ziel der Bergakademie war in erster Linie also die Erschließung der intellektuellen Ressourcen der »Academisten« und deren nachhaltige Förderung. Diesem Ziel ist die Fakultät für Mathematik und Informatik bis heute verpflichtet. So besteht ein großer Teil ihrer Lehraufgaben in der mathematischen und informatorischen Grundausbildung aller Studierenden der Universität. Sie vollzieht sich speziell über die Vorlesungen »Höhere Mathematik für Ingenieure«, »Höhere Mathematik für naturwissenschaftliche Studiengänge«, »Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler und Industriearchäologen« und »Einführung in die Informatik« bzw. »Prozedurale Programmierung«. Daran schließen sich in den diversen Studiengängen zahlreiche weitere Vorlesungen an, in denen vertiefte Kenntnisse auf speziellen Mathematik- und Informatik-Gebieten wie Stochastik, Modellierung, Numerik oder Simulation vermittelt werden.

Seit der Einführung des einschlägigen Diplom-Studiengangs im Jahr 1962 werden an der Fakultät auch Mathematiker umfassend auf den genannten Gebieten ausgebildet. Dank eines wahlobligatorischen, an jeweils einer anderen Fakultät angesiedelten Nebenfachs sind die Absolventen dieses Studiengangs in hervorragender Weise geeignet, als wissenschaftliche Mitarbeiter in der Forschung an anderen Instituten der Bergakademie tätig zu werden. Ähnliches trifft auch auf die Absolventen der anderen Studiengänge – »Wirtschaftsmathematik«, »Network Computing« und »Angewandte Informatik« der Fakultät – zu.

Der schon in der Gründungsurkunde erwähnten Idee, die Lehre »öffentlich« zu gestalten, wird an der Fakultät für Mathematik und Informatik dadurch Rechnung getragen, dass sie zahlreiche Veranstaltungen anbietet, die sich speziell an Schüler richten. So ist die Beteiligung der Fakultät an der »Junior-Universität«, dem »Girls-Day«, der »Nacht der Wissenschaft«, der »Sommer-Universität« und an den Ringvorlesungen im Studium Generale selbstverständlich. Und seit nunmehr 22 Jahren werden im Rahmen der »Frühjahrsakademien für Mathematik« regelmäßig interessierte Schülerinnen und Schüler für eine Woche an die Fakultät eingeladen, um sie mit den Anforderungen eines mathematisch-naturwissenschaftlichen Studiums vertraut zu machen. Außerdem werden Kontakte zu den Schulen der näheren Umgebung gepflegt, indem Schülerinnen und Schüler an unserer Fakultät Praktika absolvieren oder ganze Klassen zu speziell für Schüler geeigneten Vorträgen eingeladen werden. Ebenso werden solche Vorträge aber auch von Fakultätsmitarbeitern im Rahmen von Projekttagen an ausgewählten Schulen gehalten.

¹ ACAMONTA 20 (2013), S. 152–154.

¹ OBA 236, Blatt 121

sich im Vorwort des Buches *Gründliche Anleitung zur Markscheidkunde*, das von seinem Nachfolger Johann Friedrich Lempe 1782 veröffentlicht wurde, in ähnlicher Weise: »Uebrigens kann dieses reichhaltige Buch jedem, der es mit Aufmerksamkeit liest, einen neuen Beweis geben, wie nützlich man dem Bergbau durch schickliche Anwendung gründlich erlernter mathematischer Wissenschaften werden könne.« Daher war es selbstverständlich, dass jeder Student der Bergakademie Vorlesungen in Mathematik zu besuchen hatte. Dies setzte sich in ununterbrochener Tradition bis heute fort. Auch noch 250 Jahre später haben alle Studierenden der TU Bergakademie Freiberg einen mindestens zweisemestrigen Kurs in »Höherer Mathematik« zu absolvieren. Außerdem unterrichtete von Charpentier damals alle Studenten zusätzlich in »Zeichenkunst«, und auch diese Vorlesung existiert als »Darstellende Geometrie« noch heute.

Die enge Verbindung der Mathematik mit ihren Anwendungen in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung wird erstmals beim Nachfolger von Charpentiers deutlich, dem im Jahr 1784 ernannten Professor für Mathematik und Physik, Johann Friedrich Lempe. Dieser wurde 1795 auch auf den Lehrstuhl für Theoretische Markscheidkunst berufen und gab mit dem *Magazin für die Bergbaukunde* (erschieden 1785–1799 im Dresdner Verlag Walther) die erste Fachzeitschrift für Bergbau und Bergbautechnik in Deutschland heraus. Darin schrieb er selbst in zahlreichen Artikeln über Anwendungen mathematischer »Methoden im Bergbau und in der Bergmaschinenlehre«. Über ihn und seine Fähigkeiten äußerte sich kein Geringerer als Alexander von Humboldt, der 1791/92 an der Bergakademie studierte: »... Lempens Gesellschaft such ich bisweilen zu benutzen, weil ich sehr große Hochachtung für seine mechanischen Kenntnisse habe.«

Die enge Beziehung Professor Lempes zu praxisrelevanten Anwendungen der Mathematik in den Ingenieurwissenschaften setzt sich als inzwischen fast 250-jährige Tradition an der Bergakademie Freiberg durch die Kette seiner Nachfolger hindurch fort. Man erstrebte von Seiten der Mathematik an der Bergakademie immer ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Grundlagen- und anwendungsbezogener Forschung.

Schon bald nach dem Tod Lempes bemerkte man, dass die inzwischen zahlreichen Anwendungen mathematischer Me-

thoden nicht alle von einem Einzelnen vertreten werden konnten. Daher berief man bereits im Jahr 1816 Daniel Friedrich Hecht zum zweiten Professor für Mathematik, der den damaligen ersten Professor, Friedrich Gottlieb von Busse, in Forschung und Lehre unterstützte. Es können an dieser Stelle nicht alle Leistungen Freiburger Mathematiker in den bzw. für die Ingenieurwissenschaften erwähnt werden. Deshalb seien exemplarisch nur einige herausgegriffen. So ist der Name von Julius Weisbach mit der Darcy-Weisbach-Gleichung aus der Hydraulik von Rohrströmungen verbunden, und Friedrich Adolf Willers, der 1934 unter dem Druck der Nationalsozialisten die Bergakademie verlassen musste, beschäftigte sich mit der mathematischen Behandlung gedämpfter Schwingungen und der Interaktion von Gleitschichten in zähen Flüssigkeiten. Sein direkter Nachfolger, Gerhard Grüß, übernahm 1940 auch die Lehrveranstaltungen zur Technischen Mechanik und leitete das Institut für Mathematik und Technische Mechanik. Grüß war 1946 auch der zweite Mathematiker (nach Erwin Papperitz), der in das Amt des Rektors der Bergakademie gewählt wurde. Sein Name ist mit der Grüßschen Ungleichung verbunden, die, aus mathematischen Anwendungen in der Chemie-Industrie entstanden, ihren Weg in die reine Mathematik genommen hat.

Unter den sich im Laufe der Zeit herauskristallisierenden Teilgebieten der Mathematik, die in den Ingenieurwissenschaften Anwendung fanden und heute noch finden, seien zwei besonders hervorgehoben. Dies ist zum einen die Optimierung, als deren erster Freiburger Vertreter schon der bereits erwähnte Friedrich Wilhelm von Oppel gelten kann. Dieser beschreibt in seinem 1760 erschienenen Buch *Die Abtheilung der Gehölze in jährliche Gehaue* die mathematische Modellierung der nachhaltigen wirtschaftlichen Nutzung eines Waldstücks. Derartige Fragestellungen werden in heutiger Zeit an den Instituten für Stochastik und für Numerische Mathematik und Optimierung mittels der mathematischen Theorie der Optimalsteuerung untersucht. Aktuell geschieht dies beispielsweise im Rahmen des DFG-Projekts »Räumliche Optimierung als Strategie waldbaulicher Bestandsplanung«.

Das zweite Gebiet ist die Stochastik, an der Bergakademie erstmals durch Constantin August Naumann vertreten, der

ab 1826 in seinen Vorlesungen u. a. *Erste Prinzipien der Probabilitätstheorie und die Methode der kleinsten Quadrate* lehrte, die er als Student in Göttingen direkt bei Carl Friedrich Gauß kennengelernt hatte. In jüngerer Zeit (1995–2004) wirkten zahlreiche Mitarbeiter und Doktoranden des Instituts für Stochastik unter Leitung des ehemaligen Rektors der TU Bergakademie, Dietrich Stoyan, am SFB 285 »Partikelwechselwirkung in Prozessen der Mechanischen Verfahrenstechnik« mit. Heute ist das Institut für Stochastik personell eng mit der Abteilung »Modellierung und Bewertung« des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie verbunden. Der nach dem Zweiten Weltkrieg stark anwachsende Bedarf der Bergakademie an mathematischen Kenntnissen, nicht zuletzt erforderlich durch den immer dringlicheren Einsatz von Rechentechnik, konnte auf Dauer nicht von nur wenigen Professoren und wissenschaftlichen Mitarbeitern gedeckt werden. Daher war es nur konsequent, dass auf Betreiben des damaligen Leiters des Instituts für Angewandte Mathematik, Alfred Kneschke, im Wintersemester 1962/63 der Diplomstudiengang »Mathematik« etabliert wurde, der älteste heute noch existierende Diplomstudiengang an der TU Bergakademie. Von dessen erfolgreichen Absolventen haben seitdem alle anderen Fakultäten profitiert, indem in diesem Studiengang ausgebildete Diplom-Mathematiker als wissenschaftliche Mitarbeiter in ihre Institute wechselten. Der bei seiner 1996 erfolgten Umstrukturierung umbenannte Diplomstudiengang »Angewandte Mathematik« trägt dieser Tatsache dadurch Rechnung, dass jeder Studierende ein Nebenfach zu wählen hat, das einer der anderen Fakultäten der TU Bergakademie zugehört.

Der seit den 1970er Jahren offenbar unumgänglich gewordene Einsatz von Computern in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung erforderte auch von den beteiligten Mathematikern vertiefte Kenntnisse im Bereich der Informatik. Entsprechend wurden in den Ausbildungsgang zunehmend Lehrveranstaltungen aus diesem Fach integriert und ein eigenes Institut für Informatik gegründet. Speziell die dort angesiedelten Arbeitsbereiche zur Simulation und der Virtuellen Realität in Verbindung mit dem *High Performance Computing* werden in den Ingenieurwissenschaften der Zukunft eine zentrale Rolle spielen. Dies zeigt sich schon heute an zahlreichen

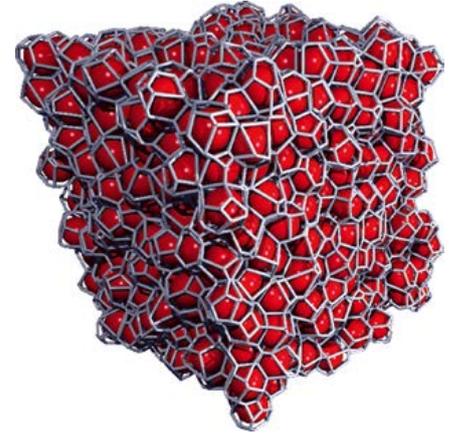
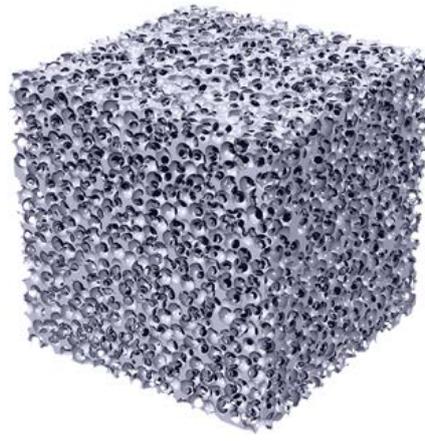
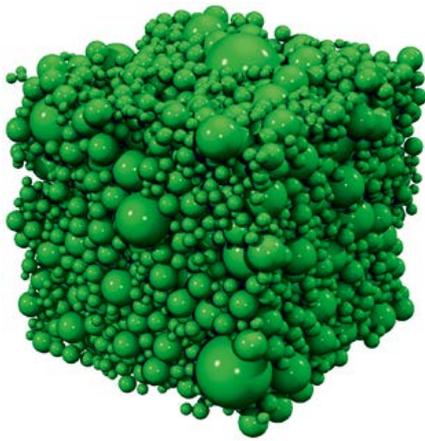


Abb. 2: Links: Dichte zufällige Kugelpackung mit lognormalverteilten Partikel-Radien. Mitte: Auf einer zufälligen Kugelpackung basierende poröse Modellstruktur. Rechts: Kantensystem eines von einer zufälligen Kugelpackung induzierten Laguerre-Mosaiks als Basis einer modellhaften Schaumstruktur

Projekten der TU Bergakademie Freiberg, wie beispielsweise bei den Projekten »VIRTUHCON – Virtualisierung von Hochtemperaturkonversionsprozessen am ZIK«², »E³ – Rohstofferkundung im Erzgebirge mittels Geophysik«³ oder bei Teilprojekten des SFB 799 »TRIP Matrix-Composite« und des SFB 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration«.⁴

Die Freiburger Stochastik

Das Jahr 1969 kann als das Geburtsjahr der »Freiberger Stochastik« angesehen werden. Professor Hans Bandemer konnte damals einen Wissenschaftsbereich aufbauen, der mit der Berufung von Professor Dieter König komplett wurde. Nach und nach stellte man Mitarbeiter ein; in den besten Jahren gehörten zu den beiden Professuren etwa je sechs bis acht fest angestellte Mitarbeiter. Die beiden Professuren arbeiteten auf voneinander verschiedenen Gebieten: Bandemer konzentrierte sich auf das damals junge Gebiet der optimalen Versuchsplanung, wo es darum geht, statistische Messungen nach gewissen Optimalitätskriterien zu organisieren. König dagegen hatte sich der stochastischen Modellierung verschrieben, was damals Bedienungstheorie (heute: Warteschlangentheorie) bedeutet.

Bereits in den 1960er-Jahren beschäftigte sich Bandemer auch mit Geostatistik. Der spätere Professor Wolfgang Näther habilitierte sich auf dem Gebiet der Versuchsplanung für zufällige Felder. Dies führte erneut zu einer engen Zusammenarbeit mit Freiburger Geostatistikern. Im Prinzip setzte später Professor Karl Gerald van den Boogaart die

geostatistischen Arbeiten fort. Bandemer und Näther arbeiteten seit den späten 1980er-Jahren verstärkt auf dem Gebiet der unscharfen Statistik, was zu international beachteten Buchpublikationen führte.

Seit etwa 1980 arbeitete Dietrich Stoyan, der 1976 Dozent geworden war (und 1992 Professor), auf dem Gebiet der stochastischen Geometrie und der räumlichen Statistik, speziell der Punktprozess-Statistik. In den 1980er-Jahren gab es eine enge Zusammenarbeit mit Freiburger Werkstoffforschern, die an die Tatsache anknüpfte, dass die Feinstruktur von Werkstoffen Zufallsaspekte hat, so dass Modelle aus der stochastischen Geometrie ein naheliegendes Hilfsmittel für die Aufklärung solcher Strukturen sind. Stoyans theoretische Arbeiten kulminierten in Büchern zur Punktprozess-Statistik und zur stochastischen Geometrie, deren Neuauflagen heute internationale Standardwerke sind.

Aufbauend auf diesen Arbeiten konnte in den 1990er-Jahren das interdisziplinär angelegte Graduiertenkolleg »Räumliche Statistik« für acht Jahre arbeiten, wo neben Bandemer, Näther und Stoyan Professoren aus anderen Fakultäten der Bergakademie mitwirkten, darunter der Leibniz-Preisträger Prof. Joachim Menz (Markscheidewesen). Aus diesem Graduiertenkolleg sind mehrere erfolgreich arbeitende Stochastiker hervorgegangen, unter ihnen die heutigen Professoren Martin Schlather (Universität Mannheim) und Stoyans Nachfolger van den Boogaart. 1999 fand, vom Graduiertenkolleg getragen, das Kolloquium »Räumliche und Umweltstatistik« zum BHT statt.

Als Nachfolger von Stoyan arbeitete seit 2008 mit van den Boogaart ein Wis-

senschaftler, der aus seiner Zeit am Freiburger Graduiertenkolleg bestens mit der speziellen Ausrichtung der Freiburger Stochastik vertraut war und zudem gute Kontakte zu Kollegen aus den Geowissenschaften pflegte. Mit eigenen Schwerpunkten, einschließlich zunehmend computer- bzw. simulationsbasierter Ansätze in der Geostatistik, der Statistik für Kompositionsdaten und der Statistik von Systemen, setzte van den Boogaart die Arbeit an Themen der räumlichen Statistik fort, insbesondere auch zur Schätzung von Modellparametern mit Ideen der Quasi-Likelihood-Theorie. Diese Ideen wurden in einem Verfahren umgesetzt, das umfangreiche Modellsimulationen mit geostatistischen Methoden kombiniert und erfolgreich bei der Analyse hochporöser Mikro- und Nanostrukturen eingesetzt werden konnte.

Seit Ende der 1990er-Jahre besteht eine immer enger gewordene Zusammenarbeit mit den Freiburger Ingenieuren auch bei interdisziplinären Projekten, insbesondere bei allen Freiburger DFG-Sonderforschungsbereichen. So wurde im Rahmen des SFB 285 ein leistungsstarker Algorithmus zur Simulation zufälliger dichter Kugelpackungen entwickelt, der mittlerweile eine große Verbreitung auch außerhalb Freibergs gefunden hat und zahlreiche Veröffentlichungen hinsichtlich verwandter theoretischer und angewandter Fragestellungen nachsichzog und immer noch zieht. Insbesondere wurde auf ihn aufbauend mit Hilfe mechanischer Simulationen die Druckfestigkeit von Porenbeton untersucht. Mit Stoyans ehemaligem Doktoranden Dr. Felix Ballani konnte ab 2009 ein wissenschaftlicher Mitarbeiter gewonnen werden, der als assoziiertes Mitglied des SFB 799 und in weiteren

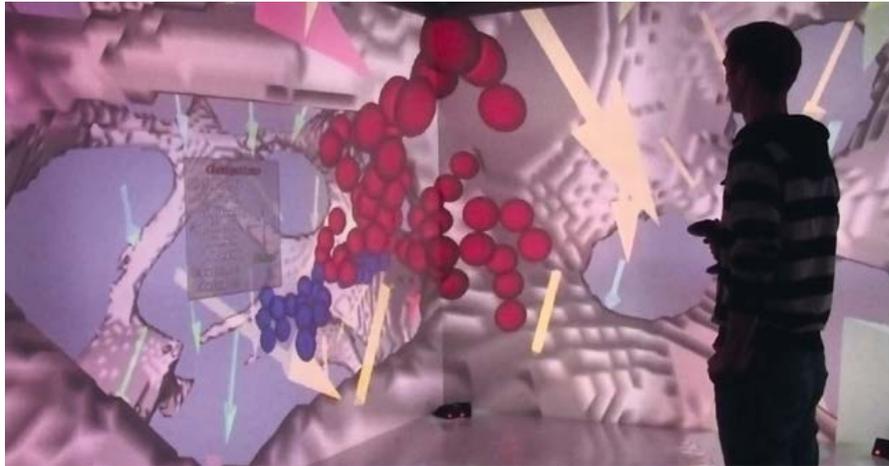
2 ACAMONTA 20 (2013), S. 80–85.

3 ACAMONTA 20 (2013), S. 28–30.

4 ACAMONTA 20 (2013), S. 85–89.



Abb. 3: Im SFB 920 werden stochastische Aspekte der Bewegung von herauszufilternden Einschlüssen modelliert (links), um deren Agglomeration zu simulieren (rechts).



Projekten mit anderen Mitgliedern des Instituts algorithmisch definierte stochastisch-geometrische Modelle für Verbundwerkstoffe entwickelte.

Im Rahmen des seit 2011 laufenden SFB 920 werden bei der Modellierung von Partikelströmen durch Filter neben klassischen stochastisch-geometrischen Fragestellungen erstmals auch dynamische Aspekte behandelt. Dies ist nötig, da die von der Metallschmelze mitgeführten nichtmetallischen, herauszufilternden Einschlüsse während des Filtrationsvorgangs ihre Position zufällig relativ zueinander verändern und dadurch überhaupt erst agglomerieren. Dazu werden neue algorithmisch definierte Modelle und auf ihnen basierende Simulationsmethoden entwickelt (siehe Abb. 3).

Seit 1969 hat sich die Lehre auf dem Gebiet der Stochastik enorm verändert. Die Lehrveranstaltungen für die Mathematik-Studenten passten sich stets den jeweiligen Forschungsschwerpunkten an; etliche Diplomanden und Doktoranden verfassten Arbeiten, die zu international beachteten Publikationen führten. Eine bedeutende Zahl von Absolventen arbeitete und arbeitet in Instituten der Bergakademie. Die Lehre für die nicht-mathematischen Studiengänge orientiert sich prinzipiell an den – je nach Fachrichtung – unterschiedlichen Bedürfnissen der Studenten. So gibt es heute drei wesentlich voneinander verschiedene Vorlesungen zur Einführung in die Stochastik. Diese Differenzierung setzt sich auch in den weiterführenden Vorlesungen fort. So gibt es mit der Vorlesung »Statistische Analyse von Systemen« ein spezielles Angebot für Studierende der Geoökologie und mit der Vorlesung »Stochastic Methods for Materials Science« ein ebensolches für den internationalen

Masterstudiengang »Computational Materials Science«, jeweils unter Einbeziehung moderner computerbasierter Methoden.

All das zeigt, dass die Bergakademie Freiberg eine ideale Institution für die Anwendung und Weiterentwicklung von Methoden der Stochastik ist, weil sie sich mit einer Reihe von wissenschaftlichen Problemen befasst, die häufig noch nie in der mathematischen Fachliteratur abgehandelt wurden, aber ohne anspruchsvolle, heutzutage oft computerintensive, stochastische Methoden nicht lösbar sind.

Harmonische Analysis: Ein Werkzeugkasten zum Lösen mathematischer Probleme

Die Ursprünge der harmonischen Analysis gehen auf Joseph Fourier zurück, der zur Untersuchung der Wärmeleitgleichung⁵ Überlagerungen von Sinus- und Kosinusschwingungen verwendete. Diese Vorgehensweise, die nach ihm benannte Fouriersche Methode, verwendet man zum Lösen von Differentialgleichungen. Der Begriff »harmonische Analysis« beruht darauf, dass Sinus- bzw. Kosinusfunktionen sog. harmonische Schwingungen beschreiben.

Eine besondere Rolle spielen die Fourier-Reihe für periodische Prozesse und die Fourier-Transformation für nichtperiodische Prozesse bei der Analyse und Synthese dieser Prozesse, da sie einen Zusammenhang zwischen dem Prozess, dargestellt als Funktion im Zeit- oder im Ortsbereich, und dem zugehörigen Spektrum im Frequenzbereich vermitteln. Das Spektrum kann auch messtechnisch ermittelt werden, wie in Abb. 4 gezeigt.

Lange Zeit war diese Methode trotz-

dem nur schwerlich anzuwenden, da der mit ihr verbundene Rechenaufwand ganz erheblich ist. Dies änderte sich mit dem Einsatz von Computern, die in der Lage sind, entsprechende Berechnungen äußerst schnell auszuführen. Damit ein digitaler Computer sie ausführen kann, wurden die diskrete Fourier-Transformation (DFT) und die schnelle Fourier-Transformation (FFT) sowie Varianten davon entwickelt.

Insbesondere in der Signalver- und -bearbeitung wird der Zusammenhang zwischen Zeit/Ort und Spektrum/Frequenz ausgenutzt, da verschiedene Signalanteile verschiedenen Frequenzen entsprechen. So kann beispielsweise störendes Umgebungsrauschen unterdrückt werden. Bei der Bildverarbeitung (Bilder sind 2d-Signale) können Störungen im Bild entfernt und Bilder auch rekonstruiert werden.

Die Anwendbarkeit der Fourier-Transformation wird dadurch begrenzt, dass diese prinzipiell nicht in der Lage ist, bei einem nichtstationären Signal anzugeben, wann die verschiedenen Frequenzen auftreten. Ein Musikstück ist beispielsweise die Abfolge verschiedener Töne = Frequenzen. Die Fourier-Transformation kann zwar angeben, welche Töne = Frequenzen im gesamten Musikstück vorkommen, nicht aber, wann welcher Ton gespielt wird.

Die Frage, wann bestimmte Frequenzen auftreten, kann durch redundante Darstellungen wie die gefensterete Fourier-Transformation (auch *Short Term FT* = Kurzzeit Fourier- oder auch Gabor-Transformation) über geeignete Fensterfunktionen beantwortet werden. Das Ergebnis kann dann in einem Spektrogramm (Betragquadrat der Fourier-Transformierten in Abhängigkeit von Zeit und Frequenz) dargestellt werden.

⁵ J. Fourier: *Théorie analytique de la chaleur*, Chez Firmin Didot, père et fils 1822.

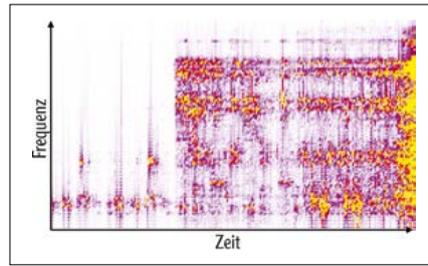
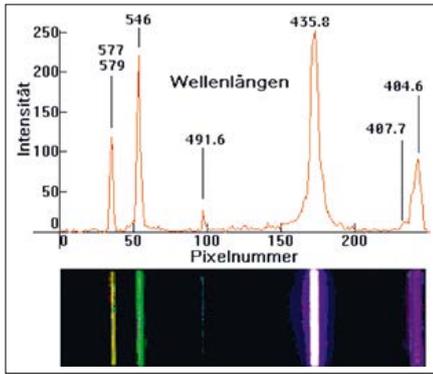


Abb. 4: Links: Spektrum einer Niederdruck-Quecksilberdampfampe. Rechts: Spektrogramm (Sound View) von »La Chasse«

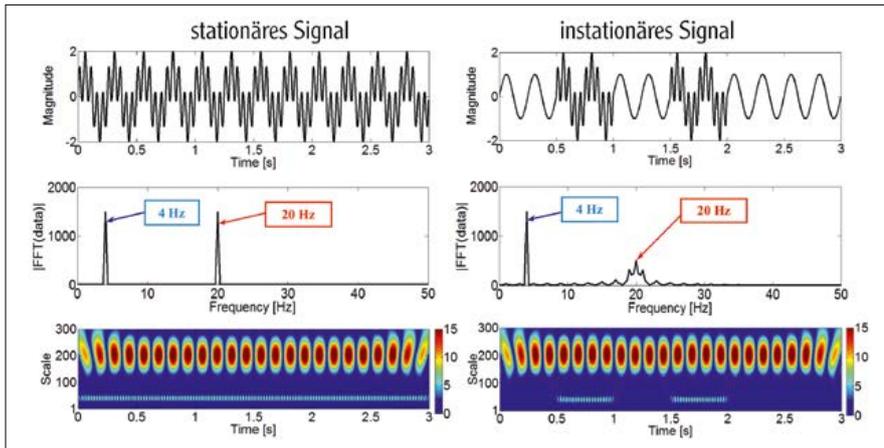


Abb. 5: Vergleich zwischen Fourier-Transformation und Wavelets

In Abb. 4 rechts ist beispielhaft ein Ausschnitt aus »La Chasse« aus »Giselle« von Adolphe Adam mittels SoundView dargestellt. Zunächst spielen nur die Hörner, dann die Streicher und am Ende das gesamte Orchester. Auf diese Weise kann man Musik sehen!

Eine noch bessere Darstellung kann man mit Hilfe von Wavelets erhalten, die in den 80er-Jahren von Y. Meyer⁶ entwickelt wurden, und zwar dank deren Multiskaleneigenschaft, die von S. Mallat⁷ entdeckt wurde. Verschiedene Frequenzanteile zeigen sich dabei auf verschiedenen Skalen, wobei auch ersichtlich ist, wann eine Schwingung mit der entsprechenden Frequenz auftritt.

Wie man in Abb. 5 sieht, erkennen sowohl Fourier- als auch Wavelet-Transformation die beteiligten Frequenzen, aber nur die Wavelet-Transformation enthält Informationen darüber, wann die entsprechenden Frequenzen auftreten.

Diese Eigenschaft der Wavelets kann beispielsweise im Fluidbergbau genutzt

werden.⁸ Bei der Schlammimpulstelemetrie werden kodierte Druckimpulse zur Übertragung von im Bohrloch gemessenen Informationen an die Oberfläche genutzt. Die Detektion der Impulse und die Extraktion ihrer Eigenschaften (Beginn, Dauer und Häufigkeit) aus einem verrauschten Drucksignal sind sehr wichtig für das Erhalten korrekter Informationen, die man benötigt, um fundierte Entscheidungen über den Bohrvorgang zu treffen. Mit Hilfe der kontinuierlichen Morlet-Wavelet-Transformation wurde das Original-Messzeitsignal in verschiedene Frequenz-Anteile zerlegt, um Rausch- bzw. andere Signalbestandteile zu unterdrücken.

Fourier-Reihen, Fourier-Transformation und Wavelets basieren auf verschiedenen Funktionensystemen. Bei der Fourier-Reihe sind dies die Funktionen $\{\sin(nt), \cos(nt), n=0,1,2, \dots\}$, bei der Fourier-Transformation sind das die Exponentialfunktionen $\exp(int)$, wobei n die ganzen Zahlen durchläuft, bei Wavelets sind es das sog. Mother-Wavelet Ψ und

die zugeordneten Funktionen $\Psi_{a,b}$. Dadurch lassen sich, wie bereits erwähnt, Differentialgleichungen, aber auch Integralgleichungen effektiv lösen.

Ein Beispiel ist die Polfigureninversion, wie sie in der Texturanalyse vorkommt. Unter Textur versteht man in der Kristallografie die Verteilung von kristallografischen Orientierungen in einem polykristallinen Festkörper. Zahlreiche Materialien haben einen kristallinen Aufbau, wie beispielsweise Minerale, Metalle oder auch einige biologische Materialien. Kommen alle Orientierungen gleich-häufig vor, so hat der Körper isotrope Eigenschaften, d. h. in allen Raumrichtungen gleiche Eigenschaften. In vielen Fällen ist dem aber nicht so, und es gibt Vorzugsorientierungen (oder Ideallagen). Obwohl der Texturcharakter vieler Gesteine bereits im 19. Jahrhundert bekannt war, konnten erst Anfang des 20. Jahrhunderts per Röntgenbeugung Abbildungen von Polfiguren gewonnen werden, aus denen sich die Vorzugsrichtungen schätzen ließen. Moderne Methoden nutzen 2d-Detektoren, Synchrotronstrahlung und die Elektronenbeugung in Rasterelektronenmikroskopen zur Bestimmung von Polfiguren.

In den 1960er-Jahren wurde die quantitative Beschreibung der Textur durch die sog. Orientierungsdichteverteilungsfunktion (ODF) entwickelt. Diese gibt an, welchen Anteil welche Orientierung in der Gesamtheit aller Orientierungen des Körpers hat. Die ODF ist charakteristisch für die Textur und damit für das Material. Daraus ergibt sich das Problem der Bestimmung der ODF aus den gemessenen Polfiguren. Ohne auf die Gleichung weiter einzugehen, sei festgestellt, dass das Problem mathematisch darin besteht, die folgende Integralgleichung zu lösen:

$$Pf(h, r) = \int_{C(h, r)} f(g) d\mu,$$

dabei wird über den Großkreis integriert. Gegeben sind die Polfiguren und gesucht ist die ODF. Hierfür konnten Lösungsdarstellungen in geschlossener Form gefunden werden,⁹ auch in abstrakter Form.¹⁰

⁹ S. Bernstein, R. Hielscher, H. Schaeben: *The generalized spherical Radon transform and its application in texture analysis*, Mathematical Methods in the Applied Sciences, 32 (2009), 379–394. – S. Bernstein, H. Schaeben: *A one-dimensional Radon transform on SO(3) and its application to texture goniometry*, Mathematical Methods in the Applied Sciences, 28, (2005), 1269–1289.

¹⁰ S. Bernstein, I.Z. Pesenson: *The Radon trans-*

⁶ Yves Meyer: *Ondelettes*, Hermann, Paris, 1990.

⁷ Stéphan Mallat: *A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation*, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 11 (1989), 674–693.

⁸ M. Reich, M. Namuq, S. Bernstein: *Continuous wavelet transformation: a novel approach for better detection of mud pulses*, J. Petroleum Science and Engineering, 110 (2013) 32–242.

Für dieses Problem – aber auch allgemein für Aufgabenstellungen aus der Geophysik und der Astrophysik – sind deshalb Wavelets von Interesse, die auf der Kugeloberfläche definiert sind. Da die üblichen Konstruktionen von Wavelets in diesem Fall nicht erfolgreich sind, mussten neue Ansätze gefunden werden, um Wavelets auf der Kugeloberfläche zu konstruieren. Eine Möglichkeit besteht darin, mit Hilfe sogenannter Kernfunktionen, die der Normalverteilung (Gaußfunktion) ähnlich sind, entsprechende Wavelets zu konstruieren.^{11,12}

Die Werkzeuge, die die harmonische Analysis nutzen kann, basieren heutzutage nicht nur auf analytischen, sondern auch auf numerischen und statistischen Methoden, wie sie beim Compressed Sensing (CS) zum Einsatz kommen.¹³

Numerische Verfahren zur Erkundung metallischer Rohstoffe

Ziel des Forschungsvorhabens E³ (ErzExploration Erzgebirge) ist die Erkundung von Lagerstätten metallischer Rohstoffe (vor allem Zinn, Wolfram, Zink und Indium) unter dem Geyerschen Wald im Erzgebirge. Bergbau ist in Geyer seit dem 14. Jahrhundert belegt: Aufgrund zahlreicher, teilweise historischer Untersuchungen kann man davon ausgehen, dass dort noch solche Bodenschätze zu finden sind. Mithilfe innovativer geophysikalischer Messmethoden soll jetzt ein detailliertes dreidimensionales Modell des geologischen Untergrunds dieser Region erstellt werden, das die genaue Lage und Ausdehnung der vermuteten Erzkörper beschreibt.

Ein Projekt dieser Größenordnung erfordert eine intensive Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachgebiete. Hierzu haben sich das Institut für Geophysik und Geoinformatik und das Institut für Numerische Mathematik und Optimierung mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

form on $SO(3)$: motivations, generalizations, discretization. In E. T. Quinto et al (eds.), *Geometric Analysis and Integral Geometry, Contemporary Mathematics*, vol. 598, AMS, 77-96, 2013.

- 11 S. Bernstein, S. Ebert: *Wavelets on S^3 and $SO(3)$ – Their construction, relation to each other and Radon transform of wavelets on $SO(3)$* , *Math. Meth. Appl. Sci.* 30(16), 2010, 1895-1909.
- 12 S. Bernstein, S. Ebert: *Kernel based Wavelets on S^3* , *Journal of Concrete and Applicable Mathematics*, vol. 8(1), 2010, 110-124.
- 13 D. L. Donoho: *Compressed sensing*, *IEEE Trans. on Information Theory*, 52(4) (2006), 1289-1306.

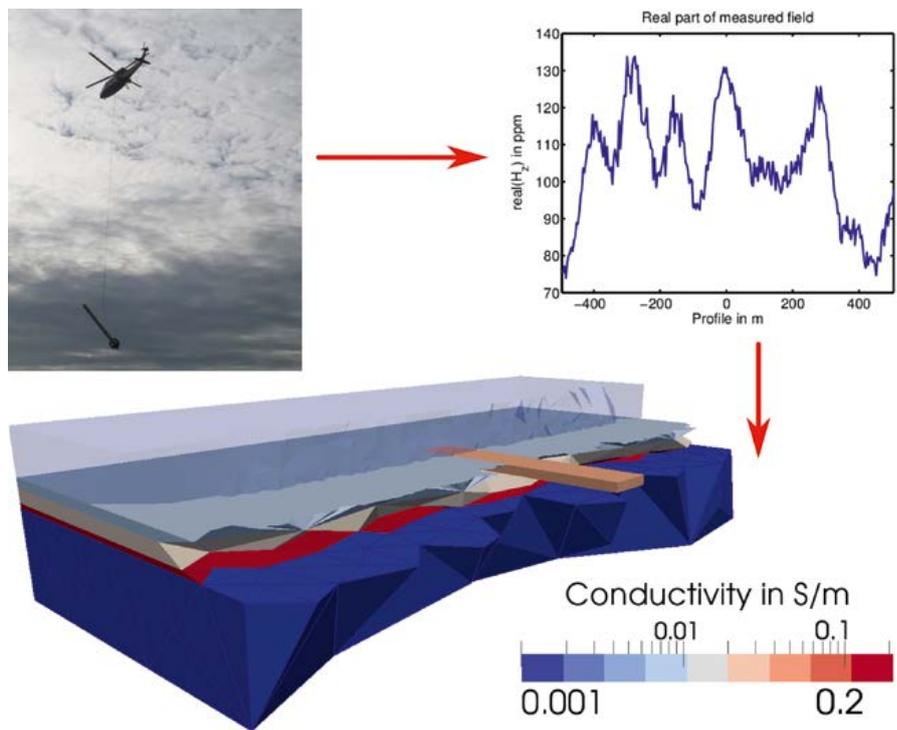


Abb. 6: Von der Hubschrauberbefliegung zum 3D-Modell des Untergrunds – eine schematische Darstellung

sowie dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie und anderen Partnern auf ein gemeinsames Vorgehen verständigt.

Weil das Erkundungsgebiet mit einer Fläche von ca. 110 km² relativ groß ist, werden statt der konventionellen Verfahren, die aus Zeit- und Kostengründen nicht in Betracht kommen, aerelektromagnetische Messungen durchgeführt: Die BGR überfliegt das Untersuchungsgebiet mit einem Hubschrauber, an dem eine Flugsonde hängt, mit der elektromagnetische Felder erzeugt und registriert werden können. Die Stärke der dabei im Erduntergrund erzeugten elektromagnetischen Felder hängt von den dortigen Leitfähigkeitsstrukturen ab. Kennt man diese elektrischen Leitfähigkeiten, sind Rückschlüsse auf eventuelle Rohstoffvorkommen bis zu einer Tiefe von ca. 300 m möglich (vgl. Abb. 6 – in schematischer Darstellung).

Aus mathematischer Sicht handelt es sich bei der Hubschrauber-Elektromagnetik (HEM) um ein Parameterschätzproblem. Die Maxwell-Gleichungen, die die unbekanntenen elektrischen Leitfähigkeiten als Koeffizienten enthalten, beschreiben die elektromagnetischen Felder im Untergrund. Die Lösung dieser Gleichungen ist aus den Messungen zumindest in Teilen bekannt. Es geht also darum, aus solchen Teilaspekten der Lösung auf die Koeffizienten einer Differentialgleichung

zurückzuschließen – ein klassisches inverses Problem.

Eine Lösungsstrategie für dieses Problem lässt sich im Wesentlichen wie folgt beschreiben: Man wählt eine im Prinzip beliebige Leitfähigkeitsstruktur, löst die zugehörigen Maxwell-Gleichungen (man spricht von der Lösung eines Vorwärtsproblems) und vergleicht diese Lösung mit den Ergebnissen der Messungen, die auf den wirklichen, aber unbekanntenen Leitfähigkeiten beruhen. Natürlich werden die berechnete und die gemessene Lösung nicht übereinstimmen. Man wird versuchen, ihre Differenz zu minimieren, was auf ein restringiertes Minimierungsproblem führt, das iterativ gelöst werden kann. Das bedeutet, dass die Leitfähigkeitsdaten, die in das Vorwärtsproblem eingehen, solange modifiziert werden müssen, bis zwischen den berechneten und den gemessenen Feldern eine zufriedenstellende Übereinstimmung erzielt wird.

Eine Arbeitsgruppe am Institut für Numerische Mathematik und Optimierung entwickelt und implementiert Algorithmen zur Lösung dieser Aufgabe. Die Herausforderungen sind dabei vielfältig: Es beginnt mit der ungeheuren Datenmenge, die die HEM produziert und die auf eine handhabbare Größenordnung reduziert werden muss. Dann müssen im Lauf einer Inversion viele Vorwärtsprobleme gelöst werden, was einen



Jürgen Losel, Präsident

Abb. 7: Visualisierung eines geologischen Modells der Elbtalzone (links, Datensatz: Prof. H. Schaeben, Institut für Geophysik und Geoinformatik) sowie eines Ringwirbels (Datensatz: Prof. Ch. Brücker, Institut für Mechanik und Fluidodynamik) in der CAVE

effizienten Löser für die Maxwell-Gleichungen erfordert. Unser Ansatz basiert auf einer Finite-Element-Diskretisierung durch Nédélec-Elemente und speziellen Mehrgitterverfahren. Die nichtlineare Minimierungsaufgabe lösen wir mit dem Gauß-Newton-Verfahren, wo sich in jedem Iterationsschritt ein lineares Kleinst-Quadrat-Problem stellt, das durch vorkonditionierte Krylow-Unterraumverfahren gelöst wird. Für Minimierungsalgorithmen, wie das Gauß-Newton-Verfahren, werden außerdem Informationen über die Sensitivität benötigt, mit der die elektromagnetischen Felder auf Änderungen der Leitfähigkeit reagieren. Schließlich ist ein Parameterschätzproblem notorisch schlecht gestellt: In der Regel ist es unterbestimmt, und seine Lösung ändert sich dramatisch, wenn die Daten leicht gestört werden, wovon man wegen der unvermeidlichen Messfehler ausgehen muss. Dies erfordert Regularisierungstechniken, deren Konstruktion für nichtlineare Probleme, wie das unsere, eine nach wie vor große Herausforderung ist.

Virtuelle Realität zur Analyse wissenschaftlicher Datensätze

Der Erkenntnisgewinn in vielen wissenschaftlichen Disziplinen, insbesondere auch der an der Bergakademie vertretenen Fachgebiete, beruht heute wesentlich auf dem Einsatz von Supercomputern. Dieser Erkenntnisgewinn ergibt sich aber zumeist nicht unmittelbar aus den reinen Simulationsergebnissen, sondern vielmehr erst durch deren nachfolgende Analyse. Eine ernstzunehmende Herausforderung entsteht dabei durch die schiere Größe der erzeugten Datensätze – etwa im Bereich mehrerer Terabytes, was um Größenordnungen

über der Leistungsfähigkeit heutiger Arbeitsplatzrechner liegt. Am Institut für Informatik steht mit der CAVE ein Visualisierungssystem zu Verfügung, das durch Techniken der Virtuellen Realität (VR) den Wissenschaftlern der Bergakademie eine interaktive Exploration ihrer Datensätze ermöglicht. Die Handhabbarkeit sehr großer wissenschaftlicher Datensätze gibt aber auch Anlass für neue Forschungsfragen in der Informatik. Im Folgenden werden die Freiburger CAVE, die sich durch ihre besonders hohe Auflösung auszeichnet, sowie Forschungsarbeiten an der Professur für Virtuelle Realität und Multimedia zur Kompression wissenschaftlicher Datensätze auf Supercomputern kurz vorgestellt.

Eine CAVE ist ein begehrter Projektionsraum, in dem dreidimensionale Visualisierungen interaktiv erfahrbar werden. Die Bilder werden großflächig auf mehreren Wänden des Raums dargestellt, so dass die Nutzer von den virtuellen Inhalten vollständig umgeben sind, anstatt diese auf Bildschirmen »von außen« zu betrachten. Weltweit gibt es mittlerweile schon einige hundert CAVEs. Die Freiburger CAVE wurde jedoch in weltweit einmaliger Bauweise mit ultrahochauflösender Projektion realisiert. Während »konventionelle« CAVEs pro Projektionswand mit Auflösungen von beispielsweise 1600×1200 Pixeln, also ca. 1,9 Megapixeln, arbeiten, wird bei der Freiburger CAVE jede Seitenwand von 6–12 Full-HD-Projektoren à 1920×1020 Pixeln bestrahlt. Insgesamt ergibt sich somit bei einer Gesamtauflösung von ca. 50 Megapixeln eine der höchstauflösenden CAVEs weltweit. Ein wesentlicher Vorteil dieser extrem hohen Auflösung ist, dass auch kleine Details hochauflösender Simulationen sichtbar werden. Die

Freiberger CAVE wurde in den letzten Jahren u. a. zur Visualisierung einer Vielzahl von Datensätzen aus allen Fakultäten der Bergakademie eingesetzt, wie in Abb. 7 anhand zweier Beispiele gezeigt.

Ein Beispiel für aktuelle Forschungsarbeiten zur Virtuellen Realität ist das Teilprojekt S02 »VR-basierte visuelle Analyse von Filtrationsprozessen« im SFB 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration«. Forschungsziel ist die Entwicklung neuartiger Methoden für die interaktive und intelligente Analyse von Werkstoffeigenschaften und Filtrationsprozessen mittels Techniken der Virtuellen Realität. Damit sollen Defizite herkömmlicher Visualisierungssoftware überwunden werden, die bei den im SFB auftretenden Datenmengen der Supercomputing-Simulationen bei Weitem überfordert ist. Ein Kernaspekt der Forschungsaufgaben liegt in der Entwicklung neuartiger Verfahren zur Datenkompression, die einerseits für die Ausführung auf hochgradig parallelen Hochleistungsrechnern zugeschnitten sind (sogenannte In-situ-Datenkompression) und andererseits eine effiziente Dekompression ermöglichen, beispielsweise zu Visualisierungszwecken in der CAVE.

Aktuelle Verfahren der in-situ-Datenkompression komprimieren die Datensätze auf ca. 15 bis 20% der rohen Datenmenge. Für Simulationsrechnungen ist dabei nicht nur die Einsparung von Festplattenkapazität von Interesse, sondern auch die Beschleunigung des Speicherungsprozesses. Nicht untypisch ist z.B., dass die Berechnung eines neuen Zeitschritts auf dem Hochleistungsrechner ca. eine Sekunde benötigt, während das Speichern eines Zeitschritts ungefähr eine Minute dauert. Dies nötigt

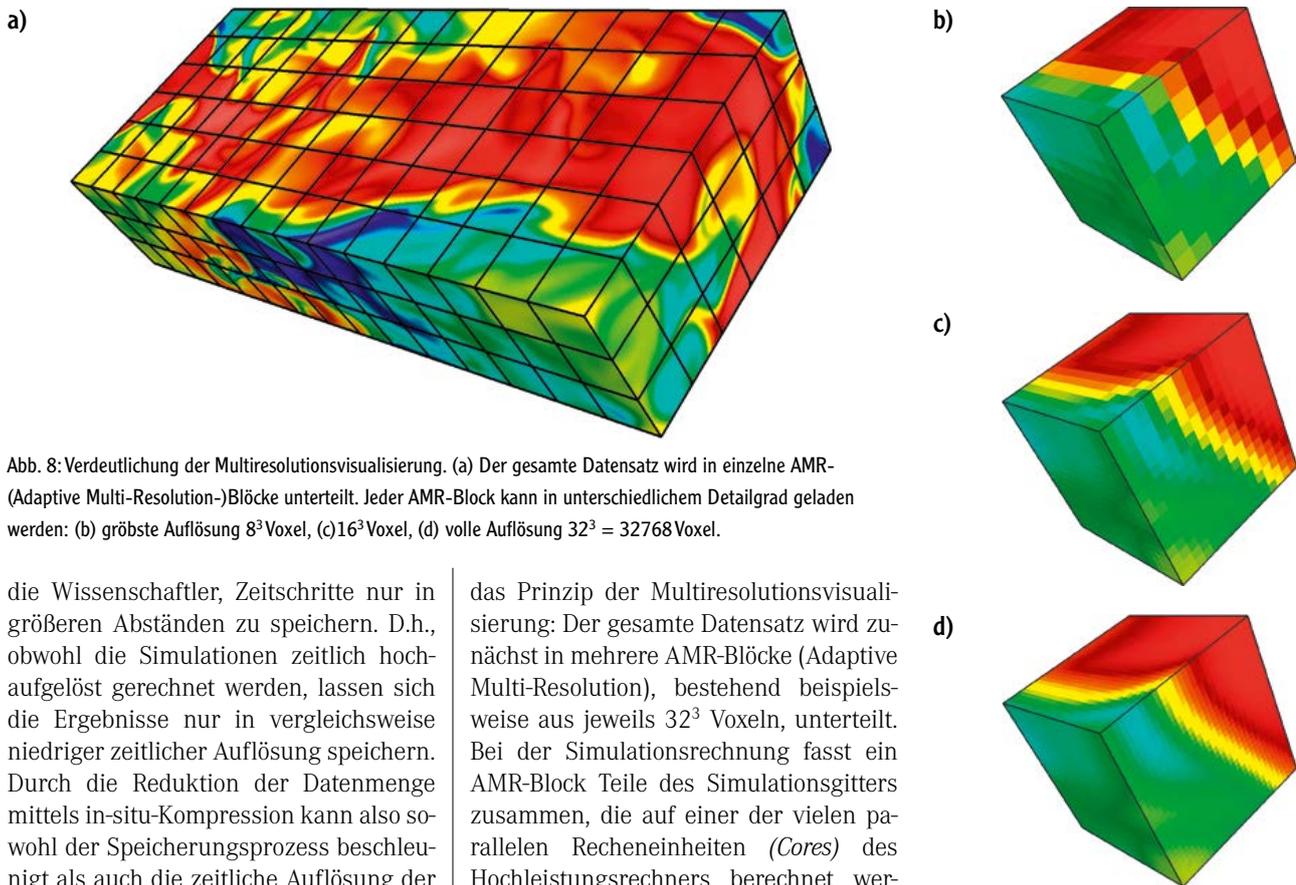


Abb. 8: Veranschaulichung der Multiresolutionsvisualisierung. (a) Der gesamte Datensatz wird in einzelne AMR- (Adaptive Multi-Resolution-)Blöcke unterteilt. Jeder AMR-Block kann in unterschiedlichem Detailgrad geladen werden: (b) größte Auflösung 8^3 Voxel, (c) 16^3 Voxel, (d) volle Auflösung $32^3 = 32768$ Voxel.

die Wissenschaftler, Zeitschritte nur in größeren Abständen zu speichern. D.h., obwohl die Simulationen zeitlich hochaufgelöst gerechnet werden, lassen sich die Ergebnisse nur in vergleichsweise niedriger zeitlicher Auflösung speichern. Durch die Reduktion der Datenmenge mittels in-situ-Kompression kann also sowohl der Speicherungsprozess beschleunigt als auch die zeitliche Auflösung der gespeicherten Simulationsergebnisse erhöht werden.

Außer auf die genannten Vorteile aufseiten der Simulationsrechnung beim Abspeichern der Daten zielen die Forschungen am Institut für Informatik auch auf ein effizientes Einlesen der Daten bei deren Visualisierung in Virtueller Realität. Da bei einer Kompression auf 15–20% die Datenmengen noch immer viel zu groß für eine interaktive Visualisierung sind, wird die in-situ-Datenkompression erstmals um Multiresolutionsverfahren erweitert. Abb. 8 verdeutlicht

das Prinzip der Multiresolutionsvisualisierung: Der gesamte Datensatz wird zunächst in mehrere AMR-Blöcke (Adaptive Multi-Resolution), bestehend beispielsweise aus jeweils 32^3 Voxeln, unterteilt. Bei der Simulationsrechnung fasst ein AMR-Block Teile des Simulationsgitters zusammen, die auf einer der vielen parallelen Recheneinheiten (Cores) des Hochleistungsrechners berechnet werden. AMR-Blöcke werden unabhängig voneinander komprimiert, d. h. ohne aufwändigen Datenaustausch zwischen den parallelen Recheneinheiten. Jeder AMR-Block wird zudem in mehreren Auflösungsstufen komprimiert: neben voller Auflösung z. B. auch in $\frac{1}{8}$ - und $\frac{1}{16}$ -Auflösung. Auf diese Weise wird es bei der anschließenden Analyse in Virtueller Realität möglich, Datensätze zunächst in niedriger Auflösung zu visualisieren, um einen schnellen Überblick über sie zu gewinnen. Anstatt mehrerer Minuten beträgt die Ladezeit bei Simulationen mit

vielen Zeitschritten so zum Beispiel nur wenige Sekunden, oft sogar weniger als eine Sekunde. Bei Bedarf kann die Auflösung beispielsweise in als interessant empfundenen Regionen oder Zeitschritten der Simulation erhöht werden. Abb. 9 zeigt die Visualisierung eines Datensatzes in verschiedenen Auflösungsstufen.

Supercomputing für neue Werkstoffe

Neue Materialien mit höherer Festigkeit bei niedrigerem Gewicht sind ein Schlüssel zur Reduktion des Ressourcen-

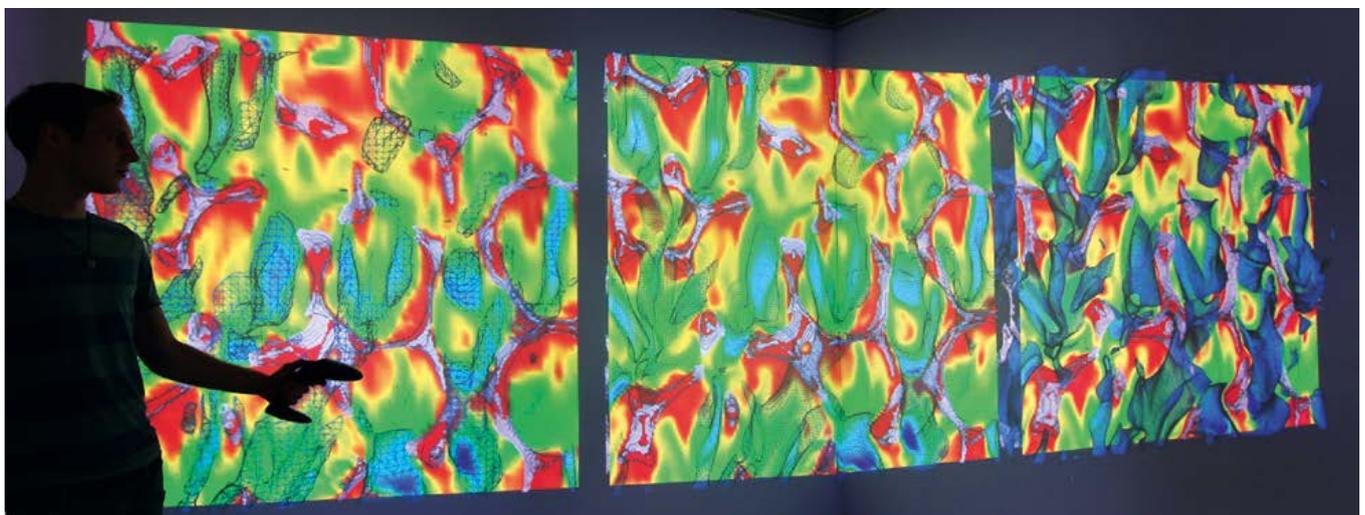


Abb. 9: Visualisierung eines wissenschaftlichen Datensatzes aus dem SFB 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration« in verschiedenen Auflösungsstufen. Von links nach rechts verdoppelt sich die Auflösung in jeder Dimension.

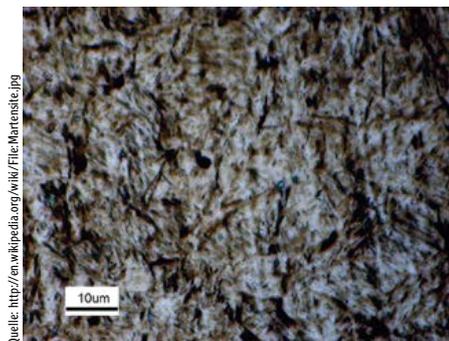


Abb. 10: Mikrostruktur eines Stahls

und Energieverbrauchs. Viele der neuen Materialien verdanken ihre besonderen Eigenschaften ihrer Mikrostruktur. Das gilt für Verbundwerkstoffe, aber auch für den traditionsreichen Werkstoff Stahl. Seine Mikrostruktur ist entscheidend für die Leistung moderner Mehrphasenstähle. Die maßgeblichen Phänomene moderner Mehrphasenstähle können dabei auf einer Skala auftreten, die um den Faktor 10^4 bis 10^6 mal kleiner ist als das makroskopische Bauteil. Abb. 10 zeigt beispielhaft die Mikrostruktur eines Stahls.

Die Herausforderung bei der Simulation solcher Materialien liegt daher im Problem der Überbrückung der Skalen¹⁴. Dieser Skalenübergang erfordert jedoch eine Rechnerkapazität, wie sie voraussichtlich erst durch eine kommende Generation von Superrechnern zur Verfügung gestellt werden wird.

Während die Leistung einzelner Prozessorkerne im letzten Jahrzehnt deutlich langsamer gestiegen ist als in den Jahrzehnten zuvor, wächst die Rechenleistung der schnellsten Rechner der Welt, gemessen nach dem Linpack-Benchmark (www.top500.org), weiterhin exponentiell (s. Abb. 11). Dies geschieht allerdings unter Einsatz von immer mehr Prozessorkernen. War der Earth Simulator auf Rang 1 der Top-500-Liste im Juni 2004 noch mit bescheidenen 5000 Prozessorkernen aus-

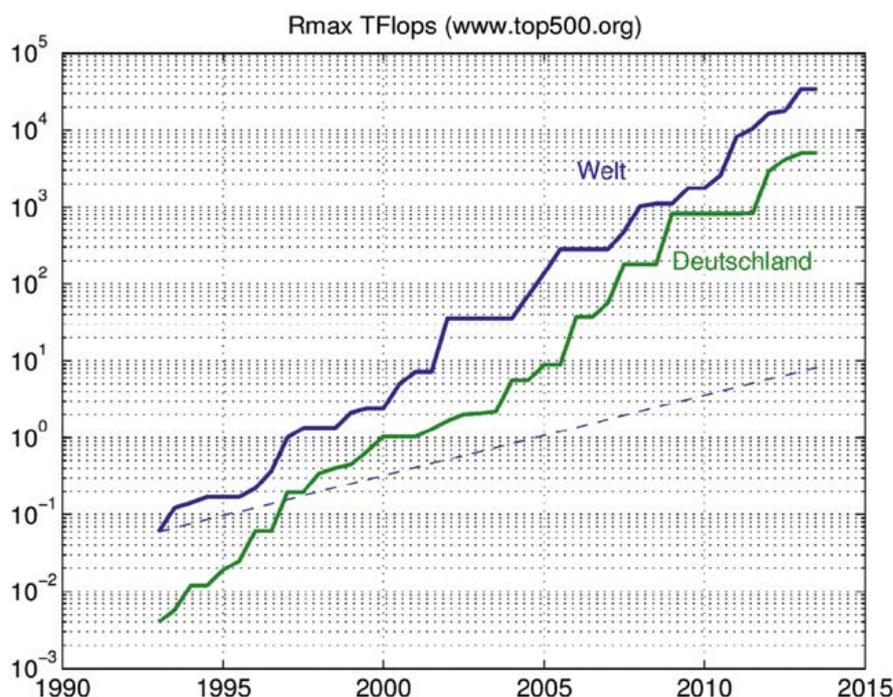


Abb. 11: Rechenleistung Rmax in Teraflops des nach der Top-500-Liste schnellsten Rechners der Welt und Deutschlands. Die blaue gestrichelte Linie gibt die Rechenleistung an, die ohne die verstärkte Nutzung von Parallelität erreicht würde.

gestattet, so wurde er doch bald abgelöst durch den ersten BlueGene-Superrechner, der ein Jahr später schon 65.000 Prozessorkerne aufwies. Im Jahr 2012 wurde die Grenze von 1 Millionen Prozessorkernen überschritten; heute wird die Top-500-Liste angeführt von einem Rechner mit 3 Millionen Prozessorkernen.

Während manche Algorithmen sich einfach sehr wohl auf Rechner dieser Größe übertragen lassen, ist dies etwa für implizite Probleme in der Kontinuumsmechanik schwieriger. Grund ist der globale Charakter der Greenschen Funktion, wodurch globale Kommunikation Bestandteil jedes Lösungsverfahrens sein muss. Schnelle Verfahren für partielle Differentialgleichungen sind heute meist iterative Verfahren, d.h. solche, die sich der Lösung schrittweise annähern. Sog. Gebietszerlegungsverfahren¹⁵ sind dabei Algorithmen, mit denen sich Lösungsverfahren für Teilprobleme zu einem iterativen Lösungsverfahren für das Gesamtproblem kombinieren lassen. Sie sind daher besonders geeignet für große Parallelrechner.

Wenn ein Algorithmus sowohl auf einem als auch auf vielen Prozessoren effizient ablaufen kann, spricht man von der

Skalierbarkeit eines Verfahrens. Diese kann unter geeigneten Voraussetzungen theoretisch durch Abschätzungen bewiesen werden. Theoretische Aussagen sind dabei allerdings asymptotischer Natur und die Konstanten der Abschätzungen typischerweise nicht bekannt. Daher ist stets – zusätzlich zum theoretischen – der Nachweis durch numerische Experimente auf Parallelrechnern erforderlich.

In der Praxis wird die Güte eines parallelen Verfahrens (genau genommen: seiner Implementierung) durch die parallele Effizienz gemessen. Betrachtet man ein gegebenes Problem, so möchte man dieses – im Idealfall – durch den Einsatz von doppelt so vielen Prozessorkernen auch doppelt so schnell lösen können. Dieser Idealfall entspricht einer parallelen Effizienz von 100%. Relevanter ist jedoch der Fall der sogenannten schwachen parallelen Skalierbarkeit. Kann man ein gegebenes Problem in einer bestimmten Zeit lösen, so möchte man ein doppelt so großes Problem ebenfalls in dieser Zeit lösen können, sofern doppelt so viele Prozessorkerne zur Verfügung gestellt werden. Neue Superrechner dienen also in diesem Sinne dazu, Problemklassen überhaupt erst lösbar zu machen, die für bestehende Rechner außer Reichweite sind.

In Tabelle 1 ist die parallele Skalierbarkeit eines nichtlinearen Gebietszerle-

14 Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1648 Software for Exascale Computing (www.sppexa.de) arbeitet das Konsortium EXASTEEL – bestehend aus den Arbeitsgruppen Wissenschaftliches Rechnen der TU Bergakademie Freiberg, Numerische Mathematik der Universität zu Köln (A. Klawonn), Mechanik der Universität Duisburg-Essen (J. Schröder), Mechanik der TU Dresden (D. Balzani) und Informatik der Universität Erlangen-Nürnberg (G. Wellein) – gemeinsam und interdisziplinär an der Lösung dieser Aufgabe. Hierbei wird ein direkter Multiskalenansatz (FE2) mit neuen, parallelen Lösungsverfahren (Gebietszerlegung, Mehrgitter) kombiniert. Zentral ist dabei auch der hardwareorientierte Ansatz, d. h. das Co-Design der Algorithmen.

15 A. Toselli, O. Widlund: *Domain Decomposition Methods – Algorithms and Theory*, volume 34 of Springer Series in Computational Mathematics. Springer, 2004.

MIRA							
Inexact-Reduced-Nonlinear-FETI-DP (irNL-FETI-DP-1)							
Cores	Problemgröße	Phase 1		Phase 2		Total	
		Newtonschritt Ø Zeit Effizienz	Newtonschritt Ø Zeit Effizienz	Newtonschritt Ø Zeit Effizienz	Newtonschritt Ø Zeit Effizienz	Zeit Effizienz	Zeit Effizienz
16	514 089	10.0s	100%	14.4s	100%	64.4s	100%
64	2 053 489	10.1s	99%	15.5s	93%	66.0s	98%
256	8 208 225	10.1s	99%	16.5s	87%	57.0s	113%
1 024	32 821 441	10.2s	98%	17.1s	84%	57.9s	111%
4 096	131 262 849	10.2s	98%	17.4s	83%	58.2s	111%
16 384	525 005 569	10.4s	96%	17.7s	81%	69.8s	92%
65 536	2 099 930 625	11.6s	86%	18.7s	77%	64.9s	99%
262 144	8 399 539 201	16.0s	63%	26.1s	55%	90.2s	71%

Tabelle 1: Gebietszerlegungsverfahren auf dem MIRA Supercomputer am Argonne National Laboratory; $\Delta + 4\Delta p$, $p = 4$, $H/h = 180$. Gnu Compiler. Umfpack. Die Problemgröße gibt dabei die Anzahl der nichtlinearen Gleichungen an.

ungsverfahrens für ein nichtlineares Modellproblem auf dem MIRA Supercomputer dargestellt,¹⁶ sowie auch die parallele Effizienz für zwei Phasen des Algorithmus und die Lösung des (nichtlinearen) Problems. Effizienzen von über 100 % sind dabei allerdings Artefakte, die sich durch numerische Effekte (hier eine leicht unterschiedliche Anzahl von Newtonschritten) ergeben. Daher ist hier die Betrachtung der parallelen Effizienz der einzelnen Newtonschritte fairer.

Intelligente Roboter: Eine neue industrielle Revolution

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts – vor ca. 250 Jahren – fand ein tiefgreifender gesellschaftlicher Wandel statt, der unser Leben bis heute bestimmt: Die Industrielle Revolution. Nach David S. Landes¹⁷ ist diese Revolution gekennzeichnet von drei Entwicklungen:

- Maschinen mechanisieren die Produktion,
- Maschinen erzeugen Energie,
- massenhafte Verwendung von Kohle und Eisen.

Die gleich zu Beginn der industriellen Revolution in Freiberg gegründete Bergakademie hat diesen Wandel aktiv begleitet und mit der wissenschaftlichen Durchdringung des Bergbaus (der Ressourcengewinnung, wie man heute sagen würde) beflügelt. Die aufblühende Mathematik lieferte die Grundlagen für die effiziente Gewinnung von Kohle, Eisen und anderen Mineralien bzw. Materialien für den Bau und Betrieb von Maschinen. In der Blütezeit der Dampfmaschinen in Pro-

duktion und Verkehr im ausgehenden 19. Jahrhundert gelangte die Bergakademie zu Weltruhm auf dem Feld des industriellen Bergbaus.

Heute, 250 Jahre nach den Anfängen der Industriellen Revolution und der Gründung der Bergakademie, vollzieht sich wieder ein umfassender gesellschaftlicher Wandel. Viele betrachten das Aufkommen des Informationszeitalters und die Globalisierung als einen Wandel von vergleichbarer Intensität, aber wir erleben derzeit wohl nur die Vorboten einer viel radikaleren Umwälzung, die des nächsten gesellschaftlichen Umbruchs.

Diese neue Revolution ist gekennzeichnet von den Algorithmen der Intelligenz, die es Maschinen erlauben, intellektuelle Partner des Menschen zu werden. Auch dieser Wandel ist gekennzeichnet durch drei Entwicklungen:

- Computer in allen künstlichen Gegenständen,
- Algorithmen erkennen Muster und Zusammenhänge,
- Roboter arbeiten für und mit den Menschen.

Wie vor 250 Jahren wird unser aller Leben tiefgreifend verändert, die Gesellschaft umstrukturiert. Wie damals die Muskelkraft des Menschen ergänzt, verstärkt oder ersetzt wurde, werden bei dieser Revolution die geistigen Leistungen ergänzt, verstärkt und wohl auch ersetzt werden. Kognitive Fähigkeiten, insbesondere Gedächtnis und Mustererkennung, werden bald Computer ebenso gut erbringen, wie menschliche Experten des jeweiligen Gebiets. Zwei Beispiele zeigen, wie weit die Informatik hier schon vorangekommen ist:

- Die Suchmaschine Google ist bereits zum Bibliothekar der Welt aufgestiegen: Google findet Literaturstellen mit hoher

Präzision und unglaublicher Geschwindigkeit. Hier erstaunt allein schon der Nutzen schneller Textsuche in großen Datenbeständen mit anschließendem Ranking.

- Bereits 2011 hat ein Parallelrechner mit dem Softwaresystem Watson¹⁸ der IBM im TV-Quiz »Jeopardy!« zwei menschliche Spieler geschlagen.

Die Informatik entwickelt Algorithmen, die Computern kognitive Fähigkeiten verleihen: Ideen und Verfahren – besonders aus Statistik und Stochastik – erlauben es Computern, zu klassifizieren und zu analysieren. Dabei lernen sie vom Menschen und aus ihren eigenen Fehlern und Erfolgen. Algorithmen des maschinellen Lernens sind beispielsweise *Support Vector Machines*, *Neuronale Netze*, *lineare* und *quadratische Klassifikatoren*, *k-nearest neighbor*, *Hidden Markov models*, etc.

Dazu kommt die Kombination maschineller Kraft mit motorischer Kontrolle und kognitiven Fähigkeiten: der Roboter. Der alte Menschheitstraum wird allmählich Realität: Roboter als besonders kräftige, ausdauernde und »stellvertretende« Helfer bei anstrengenden, gefährlichen oder einfach langweiligen Tätigkeiten. Die Maschinen der ersten Industriellen Revolution waren der anfängliche Schritt auf diesem Weg. Aber sie können nur von Menschen vorgegebene Abläufe ausführen. Auch die Leistungsfähigkeiten der stationären Roboter in der heutigen industriellen Massenfertigung gehen nur unwesentlich darüber hinaus: Computer steuern hier vorgegebene, komplexe Abläufe.

Die Roboter der neuen industriellen Revolution sind mobil und autonom. Das beginnt bei den Robotern im Heim, die jetzt schon das Staubsaugen zufriedenstellend erledigen. Die Informatiker in Freiberg arbeiten seit 2014 an Robotern, die mit Menschen kooperieren und beispielsweise mit ihnen gemeinsam Gegenstände tragen (s. Abb. 14). Andere Beispiele sind autonome Roboter für Erkundungsarbeiten in alten Bergwerken, Quadcopter zur Beobachtung von Arealen aus dem Flug, autonome Fahrzeuge usw. Heute können solche Fahrzeuge schon gut in bekanntem – also kartiertem und kontrolliertem – Umfeld agieren (siehe Abb. 12). Experimentelle Autos fahren bereits autonom im freien Straßenverkehr; die Einschränkung ,kontrol-

18 *International Business Machines. What's happening with Watson*, <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/>, 2014.

16 A. Klawonn, M. Lanser, O. Rheinbach: *Non-linear FETI-DP and BDDC methods*. SIAM J. Sci. Comput., 2014. Accepted for publication.

17 D. S. Landes. *Der entfesselte Prometheus*, Köln, 1973.



Abb. 12: Autonome Fahrzeuge bei der ARPA Urban Challenge

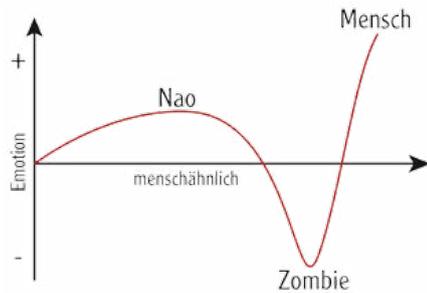


Abb. 13: Wirkung von Robotern auf Menschen: *Uncanny Valley*

liert' wird also abgeschwächt. Die nächste Herausforderung ist das Manövrieren in unbekanntem Umfeld.

Alle diese Roboter brauchen *Awareness*, d. h. sie müssen ihre Situation erfassen, einordnen und vernünftig auf sie bzw. in ihr reagieren. Zu ihren Lageparametern gehören die Position in einer (selbsterstellten) Umgebungskarte, die (eigene) physische Lage, die anderer Roboter bzw. von Menschen in der Nähe usw. Auf solche Wahrnehmungen gestützt agieren diese Roboter angepasst und zielorientiert.

Roboter, besonders die humanoiden (beispielsweise der NAO-Roboter in Abb. 14), müssen mit Menschen interagieren ohne abzuschrecken. Roboter, die unheimlich wirken, weil sie den Menschen unzulänglich imitieren, wirken verstörend. Der Fachbegriff des *uncanny valley* wurde von Mori bereits 1970 geprägt¹⁹. Abb. 13 verdeutlicht dieses (Kurven-)Tal der Abschreckung. Zur gelungenen, nicht verstörenden Nachahmung des Menschen gehören neben einem statisch passablen Auftritt auch die sanfte, glatte Bewegung, lebhaftige Augenbewegung, Zwinkern usw. Bestimmte Leistungen der humanoiden Roboter werden benötigt, um menschliche Verhaltensweisen zu imitieren.

19 Masahiro Mori: *The uncanny valley*; in: MacDorman, K. F., Kageki, N.: IEEE Robotics & Automation Magazine, 19(2), 98-100.

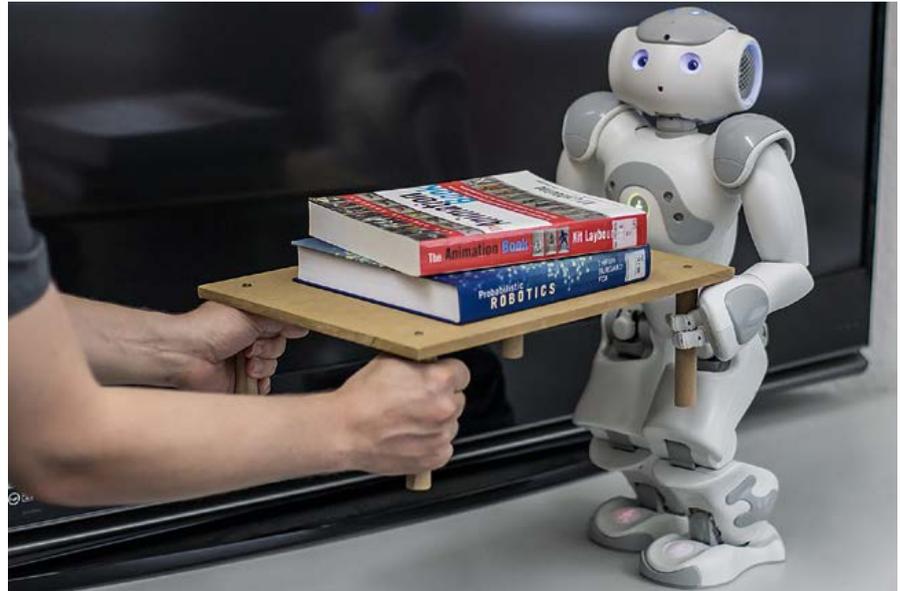


Abb. 14: Ein Projekt am Institut für Informatik: Humanoider Roboter NAO kooperiert mit einem Menschen.

Darüber hinaus sollen sich die humanoiden Roboter besonders durch Hilfsbereitschaft auszeichnen. Sie sollen Menschen bei Arbeiten helfen, sie unterstützen und beispielsweise Kranke pflegen. Im Unterschied zu unseren heutigen, ablaufgesteuerten Automaten können die Humanoiden nicht trainiert werden, indem ihnen Bewegungsabläufe präzise eingegeben werden. Vielmehr müssen sie lernen. Lernen vom ‚Vormachen‘ und durch Modifikation ähnlicher, bereits eingeübter Verhaltensmuster und Bewegungen. Wie oben erläutert, ist der Ausbau kognitiver Fähigkeiten der Computer von zentraler Bedeutung: Mustererkennung, Lernen und Klassifizieren.

Wenn Roboter in Zukunft den Menschen im Alltag unterstützen sollen, kommt es unweigerlich zum haptischen Kontakt. Die daraus resultierende Interaktion darf einerseits dem Menschen keinen Schaden zufügen und andererseits auch die Ausführungen des Roboters nicht stören. Hierfür werden Verfahren zu entwickeln sein, die externe Einflüsse auf den Roboter erkennen, verarbeiten und – abhängig von deren Intensität – der aktuellen Situation angepasst und in Echtzeit darauf reagieren. Darüber hinaus sollte der Roboter den haptischen Input benutzen, um mit dem Menschen gemeinsam zu arbeiten, beispielsweise wie in Abb. 14 einen Tisch zu tragen.

Die NAOs am Institut für Informatik verfügen über ein mathematisches Roboter-Modell und erkennen mittels Sensoren solche externen Einflüsse. Der sogenannte »Perturbation-Filter« kombiniert hierzu verschiedene Sensoren zu einem

virtuellen Sensor. Auf Basis von bekannten Sensordaten werden mit dem »Dynamic Mode-Decomposition«-Verfahren aus der Strömungsmechanik Ausgleichsbewegungen erzeugt.²⁰ Im Beispiel von Abb. 14 zieht oder schiebt der Mensch – und der humanoide Roboter reagiert, indem er seine Laufrichtung und -geschwindigkeit anpasst.

Die TU Bergakademie Freiberg arbeitet seit ihrer Gründung an den Problemen der effizienten und sicheren Erschließung von Ressourcen. Bis heute geht es dabei vor allem um Verfahren und Maschinen zur Exploration, zum Abbau und zur Aufbereitung von Rohstoffen. In den nächsten 250 Jahren – im Zuge der neuen Industriellen Revolution – erfordert das unter anderem spezielle *Mining Robots*. Nicht nur große, programmgesteuerte Maschinen, sondern insbesondere auch kleine, darunter humanoide Roboter, die mit angemessener Kraft und kognitiver Leistung dem Menschen bestimmte Aufgaben abnehmen, namentlich gefährliche Arbeiten, auch in der Menschheit bisher verschlossenen Regionen – und nicht zuletzt: um die notwendige Effizienz menschlichen Handelns zu steigern.

Die Technische Universität Bergakademie hat die Chance, den Weg der Maschinen vom Arbeiter der Faust zum Arbeiter der Stirn wissenschaftlich zu begleiten und mitzugestalten.

20 E. Berger, M. Sastuba, D. Vogt, B. Jung, H. Ben Amor: *Dynamic Mode Decomposition for Perturbation Estimation in Human Robot Interaction*, IEEE RO-MAN 2014, Edinburgh, 2014.

Von der Ressource zum Material

Fakultät für Chemie und Physik Michael Schlömann¹, Jana Kriehme und Gero Frisch sowie Martin Bertau, Hermann Heilmeier, Johannes Heitmann, Jens Kortus, Edwin Kroke, Monika Mazik, Florian Mertens, Dirk C. Meyer, Hans-Jörg Mögel, Matthias Otto, Gerrit Schüürmann, Hartmut Stöcker, Wolfgang Voigt

Historisches

Eine Ausbildung in Chemie und Physik – den Grundlagen für Studien in allen Bergbau- und Metallurgiefachrichtungen – war von Beginn an obligater Bestandteil der Lehrprogramme an der Bergakademie. Erste physikalische Vorlesungen wurden bereits kurz nach Gründung der Bergakademie Freiberg gehalten, nämlich von Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier, Johann Friedrich Lempe, Wilhelm August Lampadius, Julius Ludwig und Albin Julius Weisbach. Bergrat Christlieb Ehregott Gellert ist es zu verdanken, dass auch die Chemie seit Gründung der Bergakademie ihren festen Platz an der heutigen Technischen Universität innehat. Der Metallurge Gellert übernahm den Lehrstuhl für Metallurgie, Chemie und Probierekunst und sorgte für die Einrichtung der »*Metallurgischen Chemie*«. Wilhelm August Lampadius, seit 1794 Gehilfe von Christlieb Ehregott Gellert, hielt erste Vorlesungen zur Allgemeinen und Analytischen Chemie und richtete das erste chemisch-metallurgische Praktikumslabor ein.

Besondere Berühmtheit erlangte die Bergakademie durch die Entdeckung zweier Elemente: Das Indium wurde durch Ferdinand Reich und Theodor Richter im Jahr 1863 anhand seiner Spektrallinien nachgewiesen. Die Identifizierung und Isolierung des Elements Germanium gelang 1886 dem Namensgeber des heutigen Chemiegebäudes, Clemens Alexander Winkler. Winkler, der 1873 zum Professor für Chemie an die Bergakademie berufen worden war, legte den Grundstein für die Entwicklung mehrerer Zweige der Chemie, beispielsweise durch die Erfindung des Kontaktverfahrens zur Herstellung von Schwefelsäure und die Entwicklung der technischen Gasanalyse.

Was im 18. Jahrhundert mit ersten Vorlesungen in Chemie und Physik begann, die vorerst nur die Ausbildung in den metallurgischen Fachrichtungen ergänzten, führte deutlich später nach Etablierung dieser Disziplinen als Fachrichtungen in den 1970er-Jahren – zur



Abb. 1: Präparate der Clemens-Winkler-Sammlung

Gründung der entsprechend benannten Sektionen und im Zuge dessen zur Einrichtung eines eigenständigen Studiengangs Chemie an der Bergakademie. Nach der politischen Wende – reichlich zwanzig Jahre später – wurde aus den Sektionen Chemie und Physik die Fakultät für Chemie und Physik.

Die Biologie war zu diesem Zeitpunkt noch nicht als Fachbereich etabliert, auch wenn es biologische Lehre und Forschung an der Bergakademie schon früher gegeben hatte, realisiert etwa durch Lampadius oder durch Dr. Erich Krüger, den Vater des Stifters Dr. h. c. Peter Krüger. Die Voraussetzungen für eine fundierte biologische Ausbildung wurden erst 1996 bzw. 1998 durch die Errichtung der Professuren »Umweltmikrobiologie« und »Biologie/Ökologie« im Interdisziplinären Ökologischen Zentrum (IÖZ) geschaffen. Das Institut für Biowissenschaften, das sich aus den zwei Professuren des IÖZ konstituiert, wurde im Jahre 2006 gegründet und somit die Fakultät für Chemie und Physik um eine Fachrichtung erweitert.

Während zu Gründungszeiten die Fachbereiche der Fakultät im Wesentlichen der Unterstützung anderer Disziplinen dienten, kann die Fakultät heute voller Stolz auf drei eigene erfolgreiche Studienfächer verweisen. Neben den Bachelor- und Masterstudiengängen »Che-

mie« und »Angewandte Naturwissenschaft« wird seit 2011 noch der Masterstudiengang »Photovoltaik und Halbleitertechnik« angeboten. Heute gehören zur Fakultät für Chemie und Physik drei physikalische Institute, fünf chemische und ein biowissenschaftliches, die eng miteinander, aber auch mit Instituten anderer Fakultäten der Bergakademie kooperieren. Die Institute haben eigenständige Forschungs- und Lehrprofile. Gleichzeitig sind Forschung und Lehre der Fakultät fest in die vier Profillinien der TU Bergakademie Freiberg Geo, Material, Energie und Umwelt eingebunden.

Lehre

Seit 1956 konnte an der Bergakademie das Studium im *Diplomstudiengang Chemie* aufgenommen werden, wobei ursprünglich nur die Fachrichtungen Anorganische Chemie, Organische Chemie und Physikalische Chemie angeboten wurden. Nach der politischen Wende wurde im Jahr 1992 mit der Genehmigung der Prüfungs- und Studienordnung durch das Sächsische Staatsministerium die Voraussetzung für eine Fortführung des Chemiestudiengangs geschaffen, wobei inzwischen eine fundierte Ausbildung in den fünf Fachrichtungen Anorganische Chemie, Organische Chemie, Physikalische Chemie, Analytische Chemie und

¹ Korrespondierender Autor

Technische Chemie gegeben war. Im Jahr 1996 wurde der deutschlandweit einzigartige interdisziplinäre Diplom-Studiengang *Angewandte Naturwissenschaft* eingerichtet. Nach der Modularisierung 2007/2009 konnten sowohl Chemie als auch Angewandte Naturwissenschaft als Bachelor- und als konsekutives Masterstudium fortgeführt werden. In das Jahr 2011 fiel die Einführung eines weiteren Masterstudiengangs: *Photovoltaik und Halbleitertechnik*, an dem insbesondere die Physik Institute, aber natürlich auch die Chemie Institute beteiligt sind. Gerade mit diesem Studiengang wird auf die Nachfrage der Halbleiterindustrie nach entsprechend ausgebildeten Fachkräften reagiert.

Erfreulicherweise haben sich die Studierendenzahlen seit 1992 sehr positiv entwickelt. Die Vorteile eines Studiums an der TU Bergakademie Freiberg, die sich in einer hervorragenden Betreuungssituation, in ausgeprägter Interdisziplinarität und nicht zuletzt im engen Praxisbezug äußern, waren sicherlich wesentliche Ursachen hierfür. Experimentalvorlesungen sind essenzieller Bestandteil der Ausbildung. Technische Anwendungen der eigenen Forschungsergebnisse spielen eine herausgehobene Rolle. Die Forschungsschwerpunkte in der Ressourcen- und Materialchemie sowie der Materialphysik spiegeln sich in den Lehrprogrammen aller Studiengänge wider. Nach der Vermittlung der fachlichen Grundlagen werden den Studierenden nach Maßgabe der Profile der Professuren in den späteren Studienabschnitten Erkenntnisse, Methoden, Arbeits- und Denkweisen in den Bereichen der angewandten und der Grundlagenforschung nahegebracht. Die Studierenden werden frühzeitig und intensiv in die Forschungsarbeiten eingebunden.

Vergleicht man das Lehrangebot der Fakultät in Chemie, insbesondere für den Masterbereich, mit dem der anderen sächsischen Universitäten, wird der Freiburger Bezug zur Ressourcen- und Materialchemie deutlich. Mehrere Module, die sich beispielsweise mit Umwelt- und Rohstoffchemie, alternativen Solarzellenkonzepten, Halbleiter- und Siliciumchemie, Chemometrie oder auch mit der Chemie von Salzschnmelzen beschäftigen, werden ausschließlich hier von der Fakultät für Chemie und Physik der TU Bergakademie Freiberg angeboten. Damit haben die Absolventen unserer Studiengänge spezielle Kompetenzen insbesondere auf

den Gebieten der Material- und Ressourcenchemie, was sowohl für die interdisziplinäre Forschung an der Bergakademie selbst als auch für die Verfügbarkeit von modern ausgebildeten Experten für die regionale und überregionale Wirtschaft von Bedeutung ist.

Im Bachelor- und im Master-Studiengang *Angewandte Naturwissenschaft* erfolgt die Ausbildung interdisziplinär in ausgewählten Bereichen der Physik, der Biowissenschaften und der Chemie. Die beiden Studiengänge haben damit ein unikales Profil. Die Lehrinhalte sind mit denen der Chemiestudiengänge so abgestimmt, dass für die Fakultät ein schlüssiges Gesamtkonzept entsteht. So erwerben die Chemiker ein grundlegendes Wissen zu Synthesen und chemischen Stoffeigenschaften, während die Absolventen der Angewandten Naturwissenschaft ein breiteres Profil durch ihre stärker betonte Beziehung zu physikalischen und durch Hinwendung zu biologischen Aspekten erwerben.

Der Masterstudiengang *Photovoltaik und Halbleitertechnik* betont die für Freiberg besonders relevanten materialwissenschaftlichen Aspekte und ist insofern komplementär zum Masterstudiengang Chemie angelegt.

Neben den genannten Studiengängen ist die Fakultät für Chemie und Physik schon immer und auch aktuell stark in der Lehre für Studiengänge anderer Fakultäten engagiert. Zu nennen sind hier insbesondere die Geowissenschaften, die Verfahrenstechnik, die Werkstoffwissenschaft sowie Keramik/Glas/Baustoffe. Darüber hinaus wird auch für fast alle anderen ingenieur- und geowissenschaftlichen Studiengänge an unserer TU die chemische und physikalische Grundausbildung realisiert, also für mehrere hundert Studierende pro Semester im Rahmen von zahlreichen Pflicht- und Wahlpflichtmodulen. Besonders hervorgehoben werden muss, dass sich diese Lehrveranstaltungen nicht nur auf Vorlesungen und Seminare beschränken, sondern dass es den Studierenden ermöglicht wird, ihr Wissen in zahlreichen Praktikumsversuchen anzuwenden.

Anschauliche Wissensvermittlung, speziell für die Ausbildung im Studiengang Chemie, aber auch als eine hervorragende Unterstützung in der Chemieausbildung anderer Studiengänge, ist durch die **Clemens-Winkler-Sammlung Anorganischer Präparate** gegeben (*Abb. 1*), die vom Institut für Anorgani-

sche Chemie betreut, gepflegt und genutzt wird. Die historische Sammlung regt mit ihren Präparaten und Artefakten zu interessanten Fragestellungen für Forschungsprojekte an. Beide Aspekte – die fortgesetzte Einbeziehung der Sammlung in die Lehre wie auch ihre Rolle als Impulsgeber für zukünftige Forschungsprojekte – sind anerkannt wichtige Kriterien für die Daseinsberechtigung wissenschaftlicher Universitäts Sammlungen. Unsere Sammlung soll »lebendig« weitergeführt und um neu ausgewählte anorganische Präparate ergänzt werden.

Für die Zukunft besteht für die Fakultät für Chemie und Physik unter anderem die Aufgabe, aufbauend auf der gegebenen Basis durch Einführung eines englischsprachigen Masterstudiengangs auch in der Lehre an internationaler Wahrnehmbarkeit hinzuzugewinnen und dadurch zur Internationalisierung der Bergakademie als Ganzes beizutragen.

Forschungsprofil

Das Forschungsprofil der Fakultät für Chemie und Physik ist charakterisiert durch stofflich-chemische und werkstoffphysikalische Forschung an Rohstoffen und an technisch relevanten Materialien. Die Forschungsaktivitäten finden sich in allen vier Profillinien Geo, Material, Energie und Umwelt der TU Bergakademie Freiberg wieder. Die Schwerpunktsetzung kommt auch in Kooperationen mit zahlreichen lokalen und nationalen Industriepartnern – beispielsweise aus der Halbleiter-, der Batterie- und der Rohstoffindustrie – zum Ausdruck.

Die Fakultät hat sich in den letzten Jahren in einigen Bereichen der Material- und Ressourcenforschung eine unter deutschen Universitäten einzigartige Stellung erarbeitet, beispielsweise im Bereich der Materialcharakterisierung, der Synthese von Hartstoffen unter hohem Druck, der Gewinnung von Lithium oder der mikrobiellen Laugung von Metallen. Die Arbeitsgruppen sind maßgeblich an Großprojekten wie »Atomares Design und Defekt-Engineering« (ADDE), dem »Freiberger Hochdruck-Forschungszentrum« (FHP) oder dem »Freiberger Biohydrometallurgischen Zentrum« beteiligt.

Durch die enge Zusammenarbeit der Institute ergeben sich Synergien bei der Nutzung von Hochleistungsgeräten bzw. -methoden, wie etwa der Röntgenabsorptionsspektroskopie. Weitere wichtige Messmethoden wie die Photoelektronen-Spek-

roskopie (XPS) oder die Festkörper-NMR-Spektroskopie, für die die Fakultät modernste Apparaturen und qualifizierte Fachkräfte bereithält, werden von allen Fachbereichen gemeinsam genutzt.

Ein besonderes Gewicht erhalten in Zukunft Vorhaben, in denen sich die beiden Schwerpunkte – Ressourcen und Materialien – treffen. Die Entwicklung neuer Materialien mit dem Ziel einer möglichst effizienten und umweltschonenden Ressourcennutzung oder die Ressourcenchemie mit einem Akzent bei den Rohstoffen für High-Tech-Materialien spielen eine zentrale Rolle. Beide Verknüpfungen sind in den Forschungsprojekten von vornherein angelegt, wie zum Beispiel in dem zur Entwicklung von Hartstoffen für die Bohrtechnik und neuen Elektrodenmaterialien für die selektive Metallabscheidung aus polymetallhaltigen Lösungen, im BMBF-Projekt »PhytoGerm« mit Fokus auf dem Germanium sowie im »Freiberger Biohydrometallurgischen Zentrum« mit den Zielelementen Indium und Germanium.

Nachfolgend wird ein Überblick über die Forschungsaktivitäten der einzelnen Institute bzw. Professuren gegeben.

Institut für Experimentelle Physik

Das Institut für Experimentelle Physik arbeitet unter Leitung von Prof. Dr. Dirk C. Meyer an der Schnittstelle von Kristallographie und Festkörperphysik an der Entwicklung neuer und innovativer Funktionsmaterialien für den Bereich der Energie- und Datenspeicher sowie an Biomaterialien. Mehrere interdisziplinäre Arbeitsgruppen befassen sich auf diesem Feld mit der Synthese und der Aufklärung von Struktur-/Eigenschafts-Beziehungen. Das Institut ist in ein aktives Kooperationsumfeld eingebunden und pflegt enge Beziehungen zu internationalen Großforschungseinrichtungen in Deutschland, namentlich zum *European XFEL* (engl. *X-ray Free-Electron Laser*), zum Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg sowie zum Berliner Elektronenspeicherring für Synchrotronstrahlung (BESSY).

Die Zielsetzung der **Professur Verbindungshalbleiter und Festkörperspektroskopie**, die im Jahr 2009 mit Prof. Dr. Dirk C. Meyer neu besetzt wurde, entspricht einem der Forschungsschwerpunkte der TU Bergakademie Freiberg. Für die Arbeit mit dem Schwerpunkt Halbleitermaterialien steht als besondere Einheit seit 2008 das Zentrale Reinraumlabor der

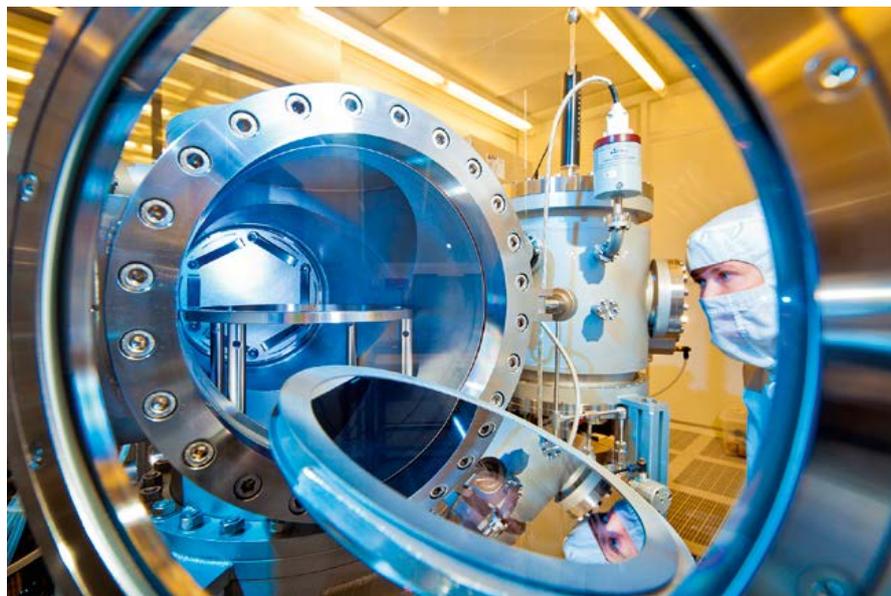


Abb. 2: Sputteranlage im Zentralen Reinraumlabor der TU Bergakademie Freiberg

Bergakademie (Abb. 2) zur Verfügung, das mehreren Arbeitsgruppen eine hervorragende Infrastruktur bietet. Der seit der Übernahme der Professur vorangetriebene Ausbau der Infrastruktur des Instituts für Experimentelle Physik hinsichtlich röntgenbasierter Analytik sowie der Elektronenmikroskopie erlaubt eine umfassende Charakterisierung der im Reinraumlabor prozessierten Funktionselemente. Auch wurden spezielle Präparationsverfahren – wie die Atomlagenabscheidung (ALD) – etabliert.

Die Arbeitsgruppe »Verbindungshalbleiter und Festkörperspektroskopie« hat aktuell vor allem durch ihre Forschungen auf dem Gebiet der kristallphysikalischen Analyse und Modifizierung von Materialien und deren Eigenschaften auf sich aufmerksam gemacht, wobei insbesondere für die Datenspeicherung und die Energie- und Stoffwandlung relevante Kopplungsphänomene im Fokus stehen (Abb. 3). Die Arbeitsgruppe hat in der zurückliegenden Zeit vor allem Halbleiter und Schichtsysteme für diverse Anwendungen mit strukturorientiertem Akzent sowie hinsichtlich alternativer Herstellungsprozesse bearbeitet. In jüngerer Zeit haben oxidische Halbleiter sowie kristalline Materialien mit elektrisch polarer Achse den Arbeiten einen besonderen Stellenwert gegeben, wobei sich der Bogen von der Herstellung über die Modifizierung und Charakterisierung der Substanzen bis hin zu ihren Anwendungsmöglichkeiten erstreckt. In Fragen der Synthese, Charakterisierung und Modellierung solcher Materialien bestehen intensive Kooperationen, u. a.

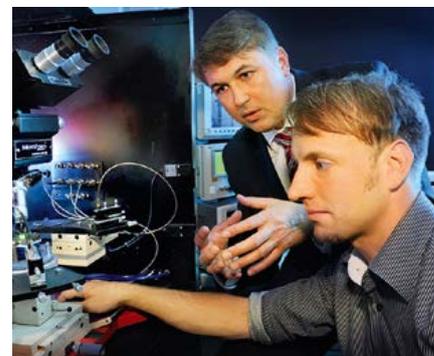
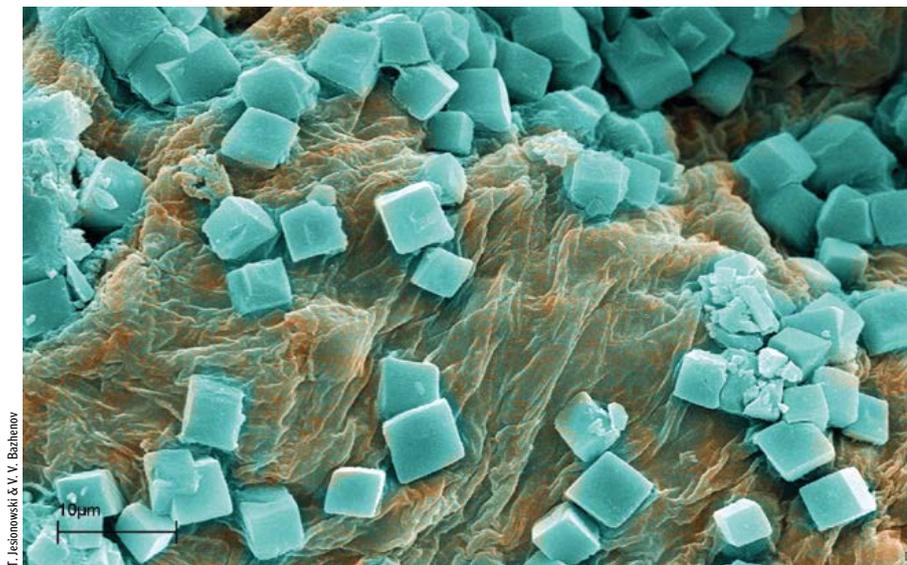


Abb. 3: Prof. Dr. Dirk C. Meyer und Dr. Tilmann Leisegang (rechts), Träger des Max-von-Laue-Preises 2012

mit mehreren Fraunhofer-Instituten in Sachsen, dem Kurt-Schwabe-Institut Meinsberg und dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. Aktuell besteht durch Entsendung eines Mitarbeiters eine Beteiligung am Aufbau eines neuen Strahlrohres am Synchrotron Petra III des DESY in Hamburg zur Einrichtung einer *Chemical Crystallography Beamline*. Methodisch liegt der Schwerpunkt dabei auf der Entwicklung einer elementspezifischen und atomlagensensitiven Variante der Röntgenspektroskopie.

2013 wurde Prof. Dr. Hermann Ehrlich zum **Professor für Biomineralogie und Extreme Biomimetik** am Institut für Experimentelle Physik berufen. Damit konnte sich an der TU Bergakademie Freiberg eine W3-Heisenberg-Professur etablieren – ein Titel, den die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) speziell an Kandidaten verleiht, die an Universitäten ein neues Forschungsgebiet erschließen. Prof. Ehrlich wird die Biomimetik und Biomineralisation mit den an der Bergakademie bereits etablierten Fel-



T. Jedonowski & V. V. Bazhanov

Abb. 4: REM-Aufnahme eines chitinbasierten Kompositmaterials mit kubischen Silsesquioxan-Nanostrukturen (POSS)

dern verknüpfen und darauf aufbauend auch an der Einrichtung eines internationalen Masterstudiengangs, bei dem die Biomineralogie eine wesentliche Rolle spielt, mitwirken.

Im ausgeprägt interdisziplinären Forschungsfeld der Biomimetik wird versucht, per Nachahmung natürlicher Phänomene neuartige Technologien und Materialien zu entwickeln. Grundlage ist das Verständnis der Funktionsprinzipien natürlicher Vorgänge und deren Umsetzung in Form technischer Innovationen. Primäres Ziel der Arbeitsgruppe ist es, Mechanismen der Biomineralisation von Organismen zu erforschen, die unter extremen natürlichen Bedingungen leben. Für die Arbeitsgruppe stehen angesichts der grenzenlosen Vielfalt insbesondere Organismen marinen Ursprungs wie Schwämme, Kieselalgen, Fische, Krebstiere und Weichtiere (Schnecken und Muscheln) sowie Fossilien im Vordergrund, die verschiedenartige Biominerale, beispielsweise in Form von Skeletten, Schalen und Zähnen bilden. Gewisse Organismen sind dabei speziell an die Antarktis, an die hohen Drücke auf dem Boden des Ozeans, an heiße vulkanische Quellen oder an extrem toxische Bedingungen angepasst.

Ziel ist u. a. die Entwicklung einer neuen Generation von Biomaterialien (Abb. 4) und Biokompositen für die Technik und die Biomedizin. Wenn es gelingt, die Prinzipien der Biomineralisation zu verstehen, die es Organismen erlauben, unter extremen Temperaturbedingungen – also entweder zwischen $-1,9$ und 4 °C oder zwischen 60 und 98 °C – zu überleben, könnten vollkommen neue Biomate-

rialien und Biokomposite entwickelt werden, die sich etwa durch hohe Hitze- und Druckbeständigkeit auszeichnen.

Dr. Serguei Molodtsov, 2013 zum **Professor für Strukturforschung mit XFEL- und Synchrotronstrahlung** an das Institut für Experimentelle Physik berufen, ist als wissenschaftlicher Direktor für den Aufbau des *European XFEL* in Hamburg mitverantwortlich. Für die TU Bergakademie Freiberg ergibt sich damit ein direkter Zugang zu den Möglichkeiten eines Freie-Elektronen-Lasers im Energiebereich der Röntgenstrahlung mit einer Zeitauflösung von bis zu 10^{-14} Sekunden. Dadurch wird die Zusammenarbeit mit internationalen Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Strukturaufklärung und der Festkörperphysik entscheidend gestärkt. Dank der Unterstützung durch Prof. Molodtsov können die Freiburger Forscher und Studierenden zukünftig das neue Feld der Materialcharakterisierung und auch -synthese mit dem XFEL aktiv mitgestalten.

Die Arbeitsgruppe Photovoltaik unter Leitung von Prof. Dr. Hans Joachim Möller war seit 1994 bis zu seinem Ausscheiden in den Ruhestand 2011 auf die Halbleiterphysik mit dem Schwerpunkt auf photovoltaischen Materialien ausgerichtet. Nachdem Prof. Möller Leitungsaufgaben am Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM in Freiberg übernommen hatte, werden diese Forschungsaktivitäten von ihm in Nebentätigkeit weitergeführt. Dies betrifft vor allem die Nutzung und Betreuung der speziellen photovoltaischen Messtechnik. Die noch laufenden Aktivitäten konzentrieren sich auf die Untersuchung

der strukturellen Eigenschaften von multikristallinem Silicium sowie deren Auswirkungen auf die elektrischen und optischen Eigenschaften. Dabei haben sich vier Schwerpunkte abgezeichnet:

- die Untersuchung von Stoff- und Transportvorgängen in Siliciumschmelzen und in der Gasphase bei der Kristallisation,
- der Einbau von Fremdatomen und deren Verteilung im Kristall,
- die elektrische, optische und strukturelle Charakterisierung von Defekten, deren Entstehung und Auswirkung auf die photovoltaischen Eigenschaften,
- die Untersuchung mechanischer Eigenschaften von Wafern (Bruchmechanik, innere Spannungen).

Zur Untersuchung dieser Fragen werden hochauflösende Messverfahren zur Charakterisierung der wesentlichen physikalischen Parameter im Material und in den Solarzellen angewandt. Dazu sind in der Vergangenheit spezielle topographische Messverfahren entwickelt worden, mit denen man beispielsweise das lokale Rekombinationsverhalten, die lokale Stromausbeute oder die Defektdichten ermitteln kann. Spezielle Kenntnisse liegen auch vor bei der Anwendung von IR-optischen Transmissions- und Reflexionsverfahren zur Bestimmung von Dotierungen oder Ausscheidungen oder zur Untersuchung von inneren elastischen Spannungen in den Wafern. Die Gruppe befasst sich weiterhin mit der numerischen Simulation von Prozessen. Dazu gehören Wärme- und Stofftransportvorgänge in Schmelzen, die Versetzungsgeneration und die Simulation von Ausscheidungsvorgängen bei der Kristallisation von mono- und multikristallinem Silicium.

Im Oktober 2014 wurde Dr. Roman Gumenuik als **Juniorprofessor für Kristallphysik** mit *Tenure-Track* als Nachfolger von Prof. Möller berufen. Sein bisher ausgewiesener Schwerpunkt liegt auf Struktur-Eigenschafts-Korrelationen in intermetallischen Verbindungen. Durch diese Berufung wird die interdisziplinäre Ausrichtung der Professuren des Instituts verstärkt und die Basis für eine auch künftig enge Zusammenarbeit innerhalb des Hauses gelegt.

Prof. Dr. Ralf Lüdemann, **Honoraryprofessor für Industrielle Photovoltaik**, und Prof. Dr. Ingo Schwirtlich, **Gastprofessor für Solarmodulechnik- und -materialentwicklung**, unterstützen seit 2011 bzw. 2010 das Institut für Experimentelle Physik in Lehre und Forschung.

Institut für Angewandte Physik

Das Institut für **Angewandte Physik** (IAP) unter der Leitung von Prof. Dr. Johannes Heitmann betreibt Grundlagen- und industrieorientierte Forschung auf dem Gebiet neuartiger Materialien für elektronische und optoelektronische Bauelemente. Dabei liegt der Schwerpunkt auf vielversprechenden nano-elektronischen Materialien für zukünftige Halbleiter-, Energiekonversions- und informationstechnologische Anwendungen.

In diesem Zusammenhang werden die Stabilisierung spezieller kristalliner Phasen, die Einstellung von elektrischen und optischen Eigenschaften über Größe, Dicke oder Dotierung sowie quantenmechanische Effekte untersucht. Die Funktionalität des Materials wird bis hin zur Integration in elektronische und optoelektronische Bauelemente charakterisiert. Dünnschichtdielektrika mit sehr hohen Dielektrizitätszahlen gilt dabei ein besonderes Augenmerk.

Die Materialien finden ihren Einsatz in modernen Transistoren und Kondensatoren in der Mikroelektronik, aber auch in der Optoelektronik oder als Passivierungsschichten in der Photovoltaik. Zusätzlich dienen diese Dielektrika als Matrixmaterial für Halbleiternanokristalle für opto- und nanoelektronische Bauelemente.

Halbleiternanokristalle, zum Beispiel aus Germanium (Abb. 5) oder Silicium, werden größenkontrolliert in dielektrischen Matrizen hergestellt und charakterisiert. Die neuartigen Materialien werden genutzt, um eine höhere Informationsdichte in dreidimensionalen Speicherelementen zu realisieren sowie um die optische Aktivität von Seltenerd-Metallen in integrierten optoelektronischen Bauelementen zu erhöhen.

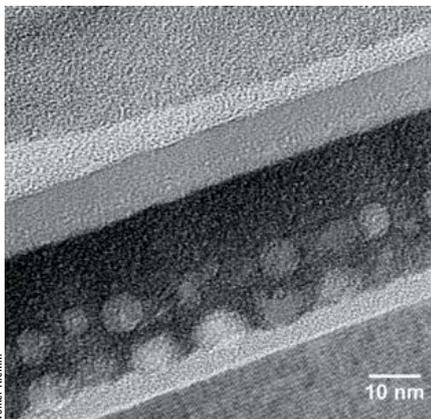


Abb. 5: Transmissionselektronenmikroskopie-Aufnahme von Ge-Nanokristallen, eingebettet in TaZrO

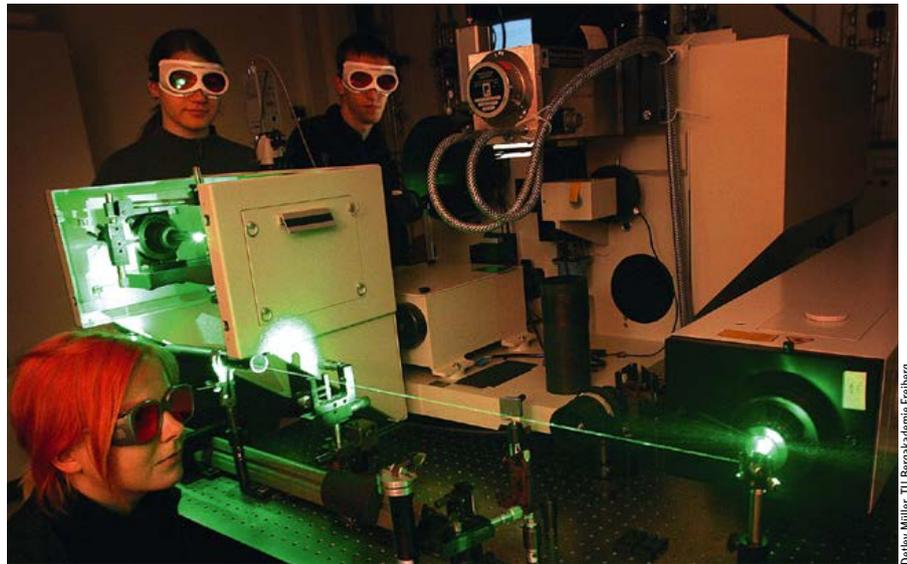


Abb. 6: Raman-Labor im Institut für Theoretische Physik

Ein weiterer Schritt in der Halbleiterindustrie liegt in der Etablierung neuartiger Grundmaterialien. Auf diesem Gebiet werden am IAP die beschriebenen Hoch-Epsilon-Materialien mit Alternativen zur herkömmlichen Siliciumtechnologie kombiniert. Ein prominenter Vertreter einer solchen Alternative ist Galliumnitrid (GaN). Das IAP ist sowohl auf die elektrische und optische Charakterisierung des GaN-Grundsubstrats spezialisiert als auch in die Entwicklung neuartiger Bauelemente in Kombination mit neuen Dielektrika und Elektrodenmaterialien involviert.

Das IAP betreibt zusammen mit dem Institut für Experimentelle Physik und dem Institut für Elektronik und Sensormaterialien das Zentrale Reinraumlabor, in dem alle Prozessschritte der *Complementary-Metal-Oxide-Semiconductor* (CMOS)-Technologie abgebildet werden können; es verfügt darüber hinaus über moderne Labore zur optischen und elektrischen Charakterisierung von Halbleitermaterialien und -bauelementen. Es kooperiert sowohl mit Firmen der Mikroelektronik, der Halbleitertechnik und der Photovoltaik als auch mit einer Vielzahl von wissenschaftlichen Einrichtungen auf nationaler und internationaler Ebene.

Institut für Theoretische Physik

Die **Theoretische Physik** in Freiberg beschäftigt sich unter Leitung von Prof. Dr. Jens Kortus mit *First-principles*-Methoden zur Berechnung von Strukturen und Eigenschaften von Festkörpern und Molekülen auf quantenmechanischer Basis. Dabei wird insbesondere die Dichtefunktionaltheorie zur parameterfreien

Vorhersage von Materialeigenschaften genutzt und es werden auch neue Methoden entwickelt. Neben der Implementierung effizienter numerischer Verfahren spielt die Parallelisierung der Programme eine wichtige Rolle, damit die Möglichkeiten modernster Rechnertechnik – des *High-Performance-Computing* – ausgeschöpft werden können. Ein besonderes Kennzeichen des Instituts für Theoretische Physik ist die Verknüpfung theoretischer und experimenteller Arbeiten auf der Basis eines bestens ausgestatteten Labors für Ramanspektroskopie (Abb. 6). Die Forschungsprojekte in der Theorie umfassen ein sehr breites Spektrum und lassen sich in zwei große Bereiche einordnen.

Das erste Themenfeld umfasst das Gebiet der molekularen Elektronik und Spintronik. Die Idee besteht in der Realisierung bekannter elektronischer Kennlinien durch den Einsatz einzelner Moleküle oder auch Schichten von Molekülen. Mittels einer Nichtgleichgewichts-Green-Funktions-Technik oder einer Quantenmastergleichung können Strom-Spannungs-Kennlinien oder molekulare Schalteffekte in äußeren Feldern berechnet werden. Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen ist die Vorhersage einer molekularen Diode, die nach bisherigen Untersuchungen ein deutlich besseres Schaltverhalten als alle bisher bekannten molekularen Systeme aufweisen sollte. Die Transporteigenschaften in magnetischen Materialien können vom Spin abhängig sein. Die Spintronik nutzt diese Eigenschaften zur Realisierung neuer elektronischer Schaltungen und Effekte. In diesem Zusam-

menhang beschäftigt sich das Institut auch mit dem Gebiet des Molekularen Magnetismus. Diese Forschungen sind in der DFG-Forschergruppe 1154: »Towards Molecular Spintronics« verankert und führen zu einer engen wissenschaftlichen Kooperation mit der TU Chemnitz, der TU Dresden, dem IFW Dresden und der Universität Leipzig.

Das zweite große Gebiet lässt sich mit dem Begriff Computergestützte Materialwissenschaft umschreiben. Dabei kommen Methoden zum Einsatz, die es erlauben, Struktur- und Materialeigenschaften ohne Nutzung von experimentellen Parametern zu berechnen. Diese Methoden lassen sich auf verschiedenartige Materialien (Metalle, intermetallische Verbindungen, Keramiken oder Moleküle) erfolgreich anwenden. Die Möglichkeit der Vorhersage der Struktur und der elektronischen Eigenschaften von Defekten gehört ebenfalls zu den relevanten Kompetenzen der Arbeitsgruppe. In Korrespondenz mit dem Experiment lassen sich so neue Materialien mit gewünschten Eigenschaften am Computer optimieren. Dabei spielen thermodynamische Größen, wie die spezifische Wärme oder der thermische Ausdehnungskoeffizient, eine besondere Rolle bei der Aufklärung des Phasendiagramms. Beispiele für die erfolgreiche Anwendung dieser Methoden finden sich in der Hochdruckforschung im Rahmen des Freiburger Hochdruckforschungszentrums, im DFG Schwerpunktprogramm 1473 »Materials with New Design for Improved Lithium Ion Batteries – WeNDeLIB« oder auch im SFB 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration«. Die Arbeiten im Ramanlabor sind ebenfalls in die Ma-

terialphysik einzuordnen. Schwerpunkte dieser Forschung sind die Untersuchung von multiferroischen Materialien für neue Speicher, Spannungskorrelationen in GaN für Halbleiteranwendungen in der Optoelektronik oder auch Grundlagenforschungen zu Phonon-Polaritonen.

Seit 2011 ist Prof. Dr. Martin Knupfer, Leiter der Abteilung »Oberflächen und Grenzschichten« des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden, **Honorarprofessor für Elektronische Eigenschaften von Festkörpersystemen und deren Grenzflächen.**

Institut für Anorganische Chemie

Das Institut für Anorganische Chemie konstituiert sich aus zwei (bzw. derzeit drei) sich komplementär in Forschung und Lehre ergänzenden Professuren. Diese decken wichtige und teilweise deutschlandweit unikale Bereiche der anorganischen Grundlagenforschung ebenso ab wie zahlreiche anwendungsrelevante Themen der Material- und der Ressourcenchemie.

Seit Anfang der 1990er-Jahre wurden in Freiberg Themen der Molekül- und Materialchemie des Siliciums bearbeitet. Mit Berufung von Prof. Dr. Edwin Kroke auf die **Professur Anorganische Chemie** im Jahr 2005 wird diese Fokussierung fortgeführt und weiter ausgebaut. In weit gefächerten Forschungsarbeiten werden neuartige molekulare Siliciumverbindungen synthetisiert und umfassend strukturell untersucht. Bei diesen präparativen Arbeiten werden chromatographische, spektroskopische, elementaranalytische und viele weitere chemie-spezifische Charakterisierungsmethoden eingesetzt. Nicht nur Verbindungen des Siliciums,

sondern auch der Elemente Kohlenstoff, Bor, Phosphor oder Germanium sowie weitere ausgewählte Haupt- und Übergangsmetallverbindungen sind Gegenstand der Forschung. Je nach Substanzklasse werden Anwendungsfälle getestet, beispielsweise hinsichtlich katalytischer Aktivität, der Eignung als Flammenschutzmittel und insbesondere als Vorstufen (Precursoren) für die Herstellung nützlicher Werkstoffe. Dabei empfiehlt sich die Precursortechnik nicht nur für die Erzeugung völlig neuer (Hybrid-)Materialien, sondern auch für die Entwicklung verbesserter Verfahren zur Herstellung von bereits bekannten kristallinen und amorphen Festkörpern. Neben der chemischen Struktur und der Phasenzusammensetzung spielen die Morphologie der Produkte und Formgebungsprozesse eine wichtige Rolle. Beispiele sind die Herstellung von Polymer-abgeleiteten Keramiken, Sol-Gel-Verfahren oder die Synthese von nanostrukturierten Werkstoffen als Schichten oder Formkörper. Die Charakterisierung der Materialien erfolgt hier i. d. R. in enger Zusammenarbeit mit den Kollegen der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie, insbesondere dem Institut für Materialwissenschaft. Besonders hervorzuheben ist der seit 2007 durch die Krüger-Stiftung ermöglichte Aufbau des Freiburger Hochdruckforschungszentrums (FHP). Unter Anwendung von statischem und dynamischem Hochdruck im Kilo- und Megabarbereich werden neue Hartstoffe und Hochdruckphasen teilweise über Precursor-Routen erzeugt und ihre Nutzungsmöglichkeiten erkundet (Abb. 7 und 8). Die Arbeiten erfolgen in enger Kooperation mit dem Institut

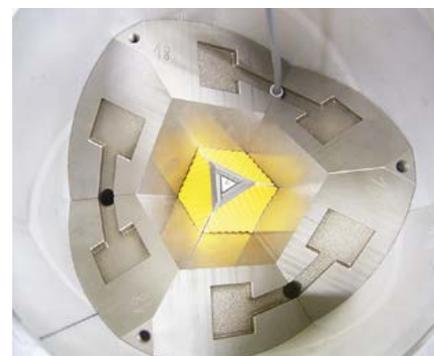


Abb. 7 (oben): Blick in das ‚Herzstück‘ der Multianvil-Hochdruckapparatur. Zu sehen ist der unterste von acht Hartmetallstempeln mit aufgeklebten Pyrophyllit-Dichtungen und (leuchtend gelber) Papier-Hinterfütterung.

Abb. 8 (links): Multianvil-Pressen für Höchstdruck-Festphasensynthesen

für Mineralogie und zahlreichen weiteren Instituten und Kooperationspartnern. Ein weiteres Arbeitsgebiet betrifft die wässrige Reinigung, die (Oberflächen-)Texturierung und das Recycling von Halbleitermaterialien. Einschlägige Forschungsprojekte werden mit Industrieunternehmen aus den Bereichen Elektronik, Photovoltaik, Silicium- und Silikon-Chemie gemeinsam realisiert.

Forschungen zur Chemie und Technologie der Mineralsalze, speziell der ozeanischen Salze mit dem Schwerpunkt Kalisalze, haben eine lange Tradition an der Bergakademie. Seit 1993 führt Prof. Dr. Wolfgang Voigt im Rahmen der **Professur Anorganische Chemie II** diese Forschungen fort, bezog weitere Salzkomponenten in diese ein und erschloss neue Anwendungsfelder. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen die Lösungs- und Schmelzgleichgewichte von konzentrierten Salzlösungen und Salzhydratschmelzen in einem weiten Temperaturbereich, beginnend bei -80°C bis hinauf zu etwa 250°C . Die aufwändigen experimentellen Bestimmungen mit zum Teil einmaligen Apparaturen (Hochtemperatur-Autoklaven-Zentrifuge; Hochtemperatur-Isopiestik) werden durch die Entwicklung von thermodynamischen Modellen und Datenbasen (THEREDA) begleitet, um aus den Messungen an einfachen Salz-Wasser-Systemen mit einem oder zwei Salzen die Kristallisationsbedingungen für Multikomponenten-Systeme berechnen zu können. Anwendungsgebiete für die Forschungsergebnisse liegen außer in der Gewinnung von Kalisalzen sowohl im Bereich der Geochemie von Salzlagernstätten und Salzseen als auch der Beurteilung von Endlagern für toxische und radioaktive Abfälle in Salzformationen. Die Ergebnisse helfen bei der Entwicklung von Verfahren zur Gewinnung von Lithiumsalzen aus den Salzseen Südamerikas, Chinas und der Türkei und bei der Optimierung von Salzhydratschmelzen für die Latentwärmespeicherung. Salzhydratschmelzen werden im Hinblick auf ihre Anwendung als umweltfreundlicher Säureersatz, auf die Entwicklung von salzbeständigen MgO-Betonbaustoffen und zur Rezepturentwicklung von Gipsbaustoffen untersucht. Die Grundlagendaten sind wichtig zur Klärung der Frage, ob Salzlösungen bei den dort tiefen Temperaturen möglicherweise auf dem Mars existieren und ein Medium zur Konservierung oder Entwicklung von Leben sein können. Hervor-



Wolfgang Voigt, TU Bergakademie Freiberg

Abb. 9: Nutzung der Ressourcen des Salar de Uyuni in einem gemeinsamen Technikum der UATF Potosi sowie der TU Bergakademie Freiberg

zuheben ist die Bearbeitung einiger Themenstellungen in enger Zusammenarbeit mit der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, insbesondere mit den Lehrstühlen für Geochemie, Hydrogeologie sowie Bergbau und Spezialtiefbau. In Fragen der Lithiumgewinnung ist die Professur für Salzchemie ein international gefragter Partner (Bolivien, Deutschland, China, Türkei) (Abb. 9). Zur Demonstration der Effektivität der entwickelten Gewinnungsprozesse für die Lithiumkomponenten aus den Salzseen wurde am Institut eigens ein Technikum aufgebaut.

Die Fortführung und Weiterentwicklung der Forschung im Bereich der Salze, Salzschnmelzen und Ionenflüssigkeiten wurde im Jahre 2013 durch die Berufung von Dr. Gero Frisch auf die **Juniorprofessur Ressourcenchemie** gesichert. Er wird auf der Basis einer *Tenure-Track*-Vereinbarung die Nachfolge von Professor Voigt antreten und die genannten Themen durch Aktivitäten zur Elektrochemie erweitern. Dabei werden häufig ionische Flüssigkeiten (Abb. 10) als Lösungsmittel für Metallionen und zur Gewinnung strategischer Rohstoffe genutzt (Ionometallurgie). Hierbei werden Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Metallkomplexen untersucht, beispielsweise um Redoxpotenziale gezielt einstellen zu können. Über das Design der Lösungsmiteleigenschaften soll eine weitreichende

Prozesskontrolle unter milden und damit umweltfreundlichen Bedingungen erreicht werden.

Institut für Organische Chemie

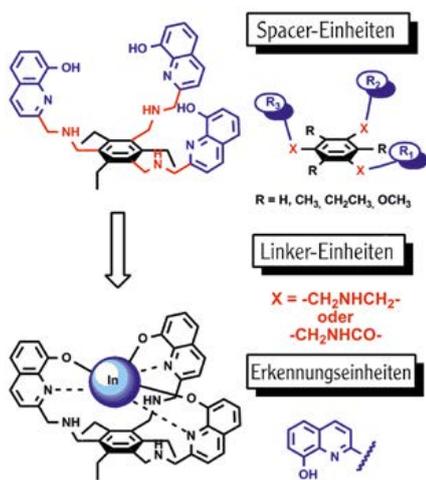
Das Forschungsspektrum des Instituts für **Organische Chemie** unter Leitung von Prof. Dr. Monika Mazik ist interdisziplinär aufgestellt. Geprägt werden die Arbeiten durch die organische Synthesechemie, in der beispielsweise die Entwicklung von neuen Synthesemethoden für heterozyklische Verbindungen, die vielfältige Anwendungen finden, ein wichtiger Forschungsbereich ist. Die Eigenschaften der neu synthetisierten Verbindungen sind oftmals nicht einfach vorhersagbar, was das synthetische Arbeiten mit diesen Molekülen zu einer herausfordernden Aufgabe macht und zur Einbeziehung theoretisch-chemischer Methoden führt.

Eine besonders hohe nationale und internationale Reputation besitzt das Institut im Bereich der Supramolekularen Chemie und des *Crystal Engineerings*. Die Fragestellungen, die aus dem modernen Wissenschaftszweig der Supramolekularen Chemie entspringen, betreffen u. a. die komplexe Thematik »Molekulare Erkennung und Chemische Sensorik« sowie das Themenfeld »Molekulare Elektronik«. Dabei werden beispielsweise hochaktuelle Studien zur molekularen Erkennung von biologisch aktiven Molekü-



Abb. 10: Nickel(II)chlorid in verschiedenen ionischen Flüssigkeiten

Andreas L. Jäger



Monika Mazik

Abb. 11: Beispiele für Komplexbildner für Indiumionen

len wie Kohlenhydraten durch synthetische Rezeptoren durchgeführt. Aufgrund der Schlüsselrolle, die die Kohlenhydrate in einer Vielzahl von biologischen Prozessen spielen, kommt der molekulare Erkennung dieser sehr anspruchsvollen Substrate mittels künstlicher Rezeptoren eine besondere Bedeutung zu. Diese sollen sowohl als wertvolle Modellsysteme fungieren, um die grundlegenden Prinzipien kohlenhydrat-basierter Erkennungsprozesse zu studieren, als auch eine Basis für die Entwicklung von Saccharidsensoren oder neuen Therapeutika wie beispielsweise von anti-infektiven Wirkstoffen darstellen.

Dem Profil der Bergakademie entsprechend liegen weitere Forschungsziele auf dem Gebiet der Ressourcenchemie. Eingebunden in das Freiburger Biohydrometallurgische Zentrum (BHMZ), beschäftigt sich das Institut mit der Entwicklung von neuen organischen Komplexbildnern für strategische Elemente (Abb. 11). Im Mittelpunkt stehen dabei vor allem das Indium und das Germanium, die beide an der Bergakademie entdeckt wurden. Hinsichtlich der Bedeutung der Rohstoffgewinnung ist die Suche nach neuartigen Möglichkeiten zur Metallgewinnung auch für viele weitere Elemente von großem internationalem Interesse. Daher gibt es Anstrengungen im Institut für Organische Chemie, künstliche Metallophore für weitere Zielelemente zu entwickeln. Auch hierzu kommen oft spezielle heterozyklische Verbindungen als Liganden zur Separation bzw. Anreicherung der Zielelemente zum Einsatz. Weiterhin arbeitet das Institut an der Entwicklung von Systemen zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung der Ressource Wasser.

Ein Forschungsbereich beschäftigt sich beispielsweise mit der Entwicklung von Rezeptorsystemen für Antibiotika und Hormone, deren Rückstände im Trinkwasser ein wachsendes Problem darstellen, und mit der Anwendung der entwickelten Rezeptoren für den Aufbau neuer Filtersysteme.

Wichtige Forschungsarbeiten des Instituts werden außerdem im Bereich der Materialchemie betrieben. Diese anwendungsorientierten Studien gelten u. a. dem Aufbau von elektronischen Schalt- und Speichermaterialien, der Entwicklung von lyotropen und thermotropen Flüssigkristallen, der Synthese von organischen Molekülen für die Oberflächenfunktionalisierung und der Entwicklung von Systemen für Anwendungen in der chemischen Sensorik.

Im Jahr 2006 wurde am Institut für Organische Chemie im Rahmen einer gemeinsamen Berufung mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig die **Professur Theoretische und Ökologische Chemie** eingerichtet, die durch Prof. Dr. Gerrit Schüürmann besetzt wurde.

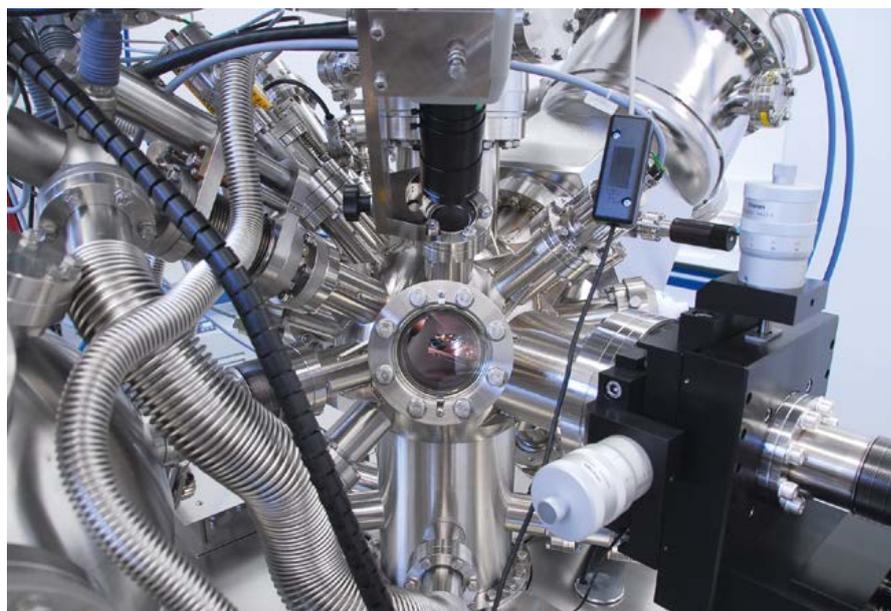
Der Schwerpunkt der Arbeiten am UFZ betrifft molekulare Schlüsselparameter, welche Verhalten, Verbleib und Toxizität chemischer Stoffe in biologischen und ökologischen Systemen bestimmen. Hierzu werden quantenchemische Modelle, Chemoassays, Bioassays und Biomimetika sowie Methoden der Chemoinformatik entwickelt und eingesetzt, um entsprechende Struktur-Aktivitäts-Beziehungen aufzudecken. Von besonderem

Interesse ist dabei die von Elektrophilen und metabolisch aktiven Pro-Elektrophilen ausgehende reaktive Toxizität durch kovalente Wechselwirkung mit endogenen Nucleophilen (bspw. Peptide, Proteine, DNA), was als molekularer Ausgangspunkt sowohl ökotoxikologische als auch humantoxikologische Endpunkte (bspw. Mutagenität, Kanzerogenität, dermale und respiratorische Sensibilisierung) betrifft.

Ein neueres Arbeitsfeld, im Rahmen des BHMZ, ist die quantenchemische Modellierung materialwissenschaftlicher Aspekte wie beispielsweise In-silico-Untersuchungen zur Effizienz-Optimierung organischer Chelatoren für die Extraktion strategischer Elemente aus wässriger Lösung und damit zusammenhängend zu ihrer Elektronenstruktur und ihren Materialeigenschaften.

Institut für Physikalische Chemie

Seit der Besetzung der **Professur Physikalische Chemie** mit Prof. Dr. Florian Mertens im Herbst 2005 hat sich die Arbeitsgruppe vorwiegend mit Materialien beschäftigt, die einen Bezug zur Energie- und Speicherspeicherung haben. Neben der Anwendung zahlreicher Methoden zur Charakterisierung dieser Materialien auf spektroskopischer Basis, wie beispielsweise der Schwingungs- und der optischen Spektroskopie, der Kernspinresonanz- und der Photoelektronenspektroskopie (Abb. 12) erfolgte die Charakterisierung unter Anwendung verschiedener kalorimetrischer Methoden und Techniken. Generell liegt in der



Andreas Lüthner

Abb. 12: XPS-Apparatur zur Bestimmung von Elementgehalten auf Oberflächen mittels röntgeninduzierter Photoelektronenspektroskopie

Kalorimetrie ein traditioneller Schwerpunkt der Freiburger Physikalischen Chemie. Die Expertise in diesem Bereich reicht zurück zu den stark methodisch fokussierten Entwicklungen unter den Professoren Gert Wolf und Klaus Bohmhammel. Entwicklungen der jüngeren Zeit sind u. a. ein mittlerweile kommerziell erhältliches Chip-Kalorimeter sowie ein Chemostat mit integriertem Kalorimeter.

Zum Problem der Wasserstoffspeicherung fokussieren sich die Arbeiten insbesondere auf Hydride: Borazan und dessen Derivate sowie klassische komplexe Metallhydride. Im Zuge dieser Arbeiten konnte ein Recyclingverfahren entwickelt werden, das es ermöglicht, die bei der Dehydrierung entstehenden Bor-Stickstoffpolymere durch die Umwandlung in Borhalogenide aufzuschließen und diese dann durch eine katalytische Hydrodehalogenierung zu Bor-Wasserstoffverbindungen umzusetzen. Das Verfahren realisiert somit eine neue Syntheseroute für die Erzeugung von Boranen. Die Bestimmung thermodynamischer Basisdaten der Elektrodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien, insbesondere für Konversionselektroden, erfolgte ebenfalls mittels kalorimetrischer Methoden und erlaubte die Berechnung entsprechender binärer Phasendiagramme. Hierbei wurde das System Li-Si als potenzielles Anodenmaterial untersucht – ebenso wie Lithiumeisenphosphat und seine Homologen auf ihre Eignung als Kathodenmaterial. Motiviert durch die Aktivitäten im Bereich Wasserstoffspeicher hat sich die Gruppe intensiv mit metallorganischen Gerüstverbindungen (engl. *metal-organic-frameworks*, MOF) als potenzielle Cryo-Adsorptionsmaterialien beschäftigt. Metallorganische Gerüstverbindungen (Abb. 13) sind eine faszinierende, relativ neue Klasse von Materialien, die auf atomarer Ebene Poren aufweisen, deren Größe in manchen Systemen recht frei gewählt werden kann. Dadurch erfüllen diese Verbindungen zu einem gewissen Grad den Traum vom gezielten Design von Kristallen (*Crystal Engineering*). Da die Bausteine der MOF in bestimmten Grenzen variiert werden können, bieten diese Systeme eine Möglichkeit, bewusst chemische Funktionalitäten im Raum »aufzuhängen«. Schnell ging deshalb das Interesse der Arbeitsgruppe weit über die Untersuchung des Adsorptionsverhaltens von Permanentgasen hinaus, und es wurden Fragen zur Aufklärung der Bildungsreaktion, der

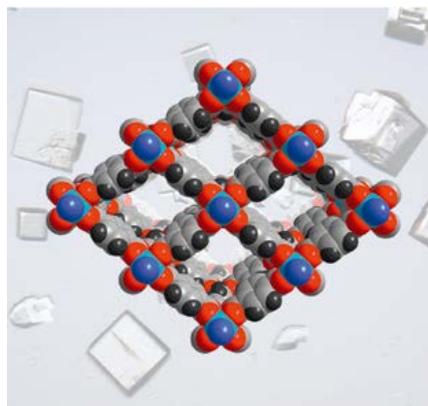


Abb. 13: Veranschaulichung der Porosität einer metallorganischen Gerüstverbindung

Netzwerkbildung, der systematischen Erzeugung von Homologen, der Erzeugung von zweidimensionalen Beschichtungen sowie zum Einsatz dieser Materialien zum Zweck der Stofftrennung bearbeitet. Insbesondere die Entwicklung von MOF-basierten Kapillarsäulen zur Verwendung als stationäre Phasen in der Gaschromatographie erwies sich als sehr fruchtbar. Besonders interessant ist, dass fast alle Eigenarten dieser Materialklasse – sei es die Möglichkeit der Erzeugung flexibler Poren oder eines chiralen Grundgerüsts oder das definierte Vorhandensein von ungesättigten Koordinationsplätzen etc. – ihren Niederschlag in den beobachteten Chromatogrammen finden. Die entwickelte Technik erlaubt es darüber hinaus, thermodynamische Größen zur Beschreibung der Wechselwirkung vieler Stoffe mit gängigen MOF-Materialien zeiteffizient zu erfassen und so einen zur Kalorimetrie komplementären Beitrag zu leisten.

Ein vor kurzem begonnenes Projekt bezieht sich auf die energieeffiziente Hydrierung von Kohlendioxid zu chemischen Grundstoffen bzw. Kraftstoffen (vorwiegend Methan und Methanol). Der grundlegend neue Ansatz startet von der Idee aus, dass CO_2 als typisches Verbrennungsprodukt – ebenso wie Biogas – nie rein vorliegt, sondern in Gasgemischen, aus denen es mit sog. Aminwäschen abgetrennt wird. Bei diesem Prozess ändern sich aber bereits die Bindungsverhältnisse im CO_2 -Molekül, und es stellt sich die Frage, ob diese Veränderung nicht im Sinne einer katalytischen CO_2 -Aktivierung genutzt werden könnte und eine direkte Hydrierung des gebundenen CO_2 zu einem gewünschten Zielprodukt möglich wäre. Dieser Ansatz erwies sich als sehr erfolgreich, und tatsächlich ließ sich ein System finden, das eine Konver-

sion von CO_2 zu Methanol als praktisch alleinigem Produkt erlaubt. Der Prozess hat darüber hinaus den Vorteil, dass der Energieaufwand zur Freisetzung des Kohlenstoffdioxids aus dem Amin durch die Hydrierwärme des CO_2 kompensiert und so viel weniger Wärme emittiert wird als beim katalytischen Gasphasenprozess. Hieraus sollte sich eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz ergeben.

Die wissenschaftlichen Projekte der Arbeitsgruppe an der **Professur Physikalische Chemie 2** unter der Leitung von Prof. Dr. Hans-Jörg Mögel lassen sich den Bereichen Grenzflächen und Kolloide, Theoretische Physikalische Chemie und Rheologie komplexer Fluide zuordnen. Die wesentliche Zielstellung der Gruppe besteht in der Gewinnung von Erkenntnissen im Bereich der Grundlagenforschung, die für verfahrenstechnische, materialwissenschaftliche, biologische und pharmazeutische Fragestellungen relevant sind. Das Fließverhalten komplexer Fluide ist dadurch ausgezeichnet, dass die wirkenden Scherkräfte die Mikrostruktur der Fluide beeinflussen und damit das Relaxationsverhalten, und wichtige Größen wie Scherviskosität, Normalspannung und andere viskoelastische Charakteristika nicht allein durch das Fluid selbst, sondern auch durch die Belastungsbedingungen bestimmt werden. So konnte für konzentrierte Suspensionen aus verschiedenen Materialien gezeigt werden, wie sich durch die Kombination von scherinduzierten Agglomerations- und Desagglomerationsprozessen periodische Viskositätsänderungen unter konstanten Belastungsbedingungen einstellen. Am Beispiel von Kaolinsuspensionen, die den ungewöhnlichen Effekt negativer erster Normalspannungsdifferenzen aufweisen, gelang der experimentelle Nachweis, dass es sich um scherinduzierte Orientierungseffekte der Kaolinplättchen handelt, die qualitativ vergleichbar sind mit dem Verhalten flüssigkristalliner Polymere. Auf dem Gebiet der Theoretischen Physikalischen Chemie werden vor allem Arbeiten zu Adsorptionsprozessen in porösen Materialien, zu Grenzflächeneffekten und Partikelwechselwirkungen durchgeführt. Damit werden Beiträge beispielsweise zum besseren Verständnis von Depletionswechselwirkungen verschieden großer Partikelensembles, für Prozesse der Herstellung photonischer Kristalle oder der mechanischen Stabilität von Beton

geleistet. Die gewonnenen Erkenntnisse sind aber auch anwendbar auf das Selbstassoziationsverhalten amphiphiler Nanopartikel sowie von Polypeptiden und Proteinen in biologischen Zellmembranen. Eine dritte Arbeitsrichtung nutzt vor allem Computersimulationstechniken für biophysikalische und materialwissenschaftliche Untersuchungen. So gelang es kürzlich zu zeigen, nach welchen Mechanismen die Umwandlung von Lipidvesikeln in Lipidmischmizellen durch Gallensalze erfolgt und welche Übergangsstrukturen dabei durchlaufen werden. Das sind wichtige Prozesse bei der Verdauung im Darmtrakt aller Wirbeltiere und natürlich auch beim Menschen. Für die Entwicklung spezieller Materialien ist von Interesse, wie aus achiralen amphiphilen Molekülen oder Nanopartikeln nach einfachen Prinzipien chirale Fasern, Fasernetzwerke oder Plättchen entstehen können. Durch Computersimulationen kann beispielsweise auch gezeigt werden, welche Partikelformen geeignet sind, durch sich geometrisch selbst begrenzende Selbstassoziation nahezu monodisperse Partikelassoziate ohne den Zusatz von Templaten zu generieren. Um die Schwerpunkte im Wesentlichen beizubehalten, wird die Professur derzeit mit der Widmung »Physikalische Chemie – Grenzflächen- und Kolloidchemie« neu ausgeschrieben.

Institut für Analytische Chemie

Das Institut für **Analytische Chemie** steht in einer sehr langen Tradition der chemischen Analytik an der Freiburger Universität. Diese lässt sich bis zu einem sog. Probielabor von Christlieb Ehregott Gellert zurückverfolgen, dem 1766 als erstem Wissenschaftler eine Professur an der Bergakademie übertragen wurde. Herausragende Forschungsergebnisse in der langen analytischen Tradition an der Bergakademie sind die bereits erwähnten Entdeckungen der Elemente Germanium und Indium. Gegen Ende des 20. Jahrhunderts wurden in der Analytischen Chemie Forschungsgebiete wie die computerunterstützte Spektralphotometrie, die Röntgenfluoreszenzanalyse und die Dünnschichtchromatographie intensiv bearbeitet. Nach Gründung eines eigenständigen Instituts für Analytische Chemie 1991 erfolgte unter Prof. Dr. Matthias Otto die Hinwendung zu Hochleistungsmethoden der Chromatographie und der Spektroskopie.

Methodische Entwicklungen zur Ele-

mentanalytik konzentrieren sich gegenwärtig auf die Plasma-Atomemissionspektrometrie und -massenspektrometrie (ICP-OES, ICP-MS, MIP-OES) in Kopplung mit der Gas- und Flüssigchromatographie sowie jene zur direkten Feststoffanalytik und Elementspeziation über elektrothermische Verdampfung (ETV-ICP OES/MS). Zur Strukturaufklärung von Festkörpern in Form von Gläsern, Polymeren oder Keramiken dient die Multikern-NMR-Spektroskopie. Für andere Bereiche der Universität werden zudem flüssige Proben NMR-spektroskopisch untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungen am Institut für Analytische Chemie sind methodische Arbeiten zur Vielstoffanalytik organischer Verbindungen. Grundlage für diese Analysen u. U. tausender organischer Verbindungen in Energierohstoffen und ihren Konversionsprodukten oder in Umweltproben sind mehrdimensionale Analysenverfahren, wie die zweidimensionale Gaschromatographie in Kopplung mit der Massenspektrometrie (GC×GC-MS) sowie die ultra-hochauflösende Fourier-Transform-Ionen-Zyklotron-Resonanz-Massenspektrometrie (FT-ICR-MS), die zudem mit flüssig- und gaschromatographischer Trennung verknüpft und als mehrdimensionale Massenspektrometrie (MSⁿ) betrieben werden kann (Abb. 14). Zur Bewältigung der bei den entsprechenden Hochleistungsgeräten anfallenden vieldimensionalen Datensätze sind die Anwendung und die Weiterentwicklung chemometrischer Methoden unabdingbar.

Da chemisch-analytische Hochleistungsmethoden für alle Profillinien der Bergakademie von herausragender Bedeutung sind, orientiert die gegenwärtige Neuausschreibung der Professur auf eine Fortführung der bisherigen Ausrichtung.



Abb. 14: Elektrospray-Ionenquelle des Bruker solarix FT-ICR Massenspektrometers

Institut für Technische Chemie

Das Institut für **Technische Chemie** unter Leitung von Prof. Dr. Martin Bertau befasst sich mit Fragen der Rohstoffchemie. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf wirtschaftlich tragfähigen Konzepten zur ganzheitlichen Rohstoffverwertung (*Zero-Waste-Konzept*), die zusammen mit in- und ausländischen Industriepartnern etabliert werden. Im Sinne einer Nutzung heimischer Rohstoffe liegt der Fokus auf den Bereichen Sekundärrohstoffe und Biomasse (Abb. 15). Dabei sind die Grenzen zur Primärrohstoffverarbeitung fließend, wie im Projekt »Hybride Lithiumgewinnung« gezeigt, in dessen Rahmen für Lithium ein wirtschaftlich gangbares Verfahren zur gemeinschaftlichen Gewinnung von Primär- und Sekundärlithium entwickelt wurde. Ein anderes Beispiel ist die Gewinnung von Germanium mit Hilfe von Biomasse, sei es Bioleaching (Freiberger Biohydrometallurgisches Zentrum) oder Phytomining.

Eine der Kompetenzen des Instituts liegt in der integrierten Verwertung komplexer polymetallischer Gemische. Seine gegenwärtige Alleinstellung im Erreichen höchster Trennschärfen durch Einsatz elektrochemischer Verfahren bzw. Membranverfahren ist insbesondere für strategische Metalle erreicht worden und wird Schwerpunkt der Arbeiten bleiben. Das am Institut mitentwickelte Verfahren zum Phosphatrecycling (Abb. 16) wurde mehrfach mit Preisen ausgezeichnet, darunter mit dem Rohstoffeffizienzpreis 2012 des Bundeswirtschaftsministers. Diese Technologie wird hinsichtlich einer breiten Einsatzstoff- und Produktvariabilität weiter ausgebaut werden. Die Verwertung von Biomasse zur direkten Erzeugung von Ethylen und Aromaten aus Aufschluss- und Fermentationsbrühen (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*, SSF) wird zur Substitution fossiler Rohstoffe in der chemischen Grundstoffindustrie weitergeführt.

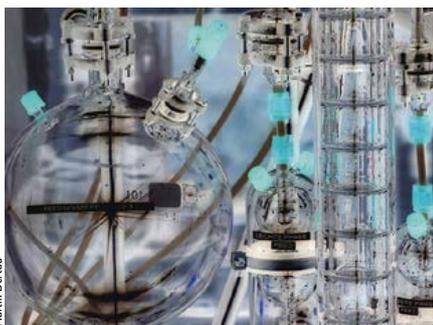
Schließlich werden im Sinne der Energie- und Rohstoffwende neue Verfahren zur Rückgewinnung energiekritischer Elemente (Seltenerd-Metalle, Li, Si, Ge, Se, In, Te) entwickelt und die Erschließung von CO₂ als Rohstoff durch Fortentwicklung katalytischer CO₂-Hydrierungsverfahren zur Herstellung von Methanol wie auch die Methanol-Folgechemie vorangetrieben.

Seit 2008 ist Prof. Dr. Armin Müller, ein ausgewiesener Experte für industri-



Martin Berbau

Abb. 15: Miniplantanlage zur Prozessmodellierung bei der Gewinnung von Wertstoffen aus Sekundärrohstoffen



Martin Berbau

Abb. 16: Siebbodenkolonne für kontinuierliche Extraktionen

elle Photovoltaik, **Honoraryprofessor für Anorganisch-chemische Technologien.**

Institut für Biowissenschaften:

Die Arbeitsgruppe **Umweltmikrobiologie** wurde mit der Berufung von Dr. Michael Schlömann auf die Stiftungsprofessur für Umweltmikrobiologie der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) ab September 1998 aufgebaut. Sie beschäftigt sich von Beginn an intensiv

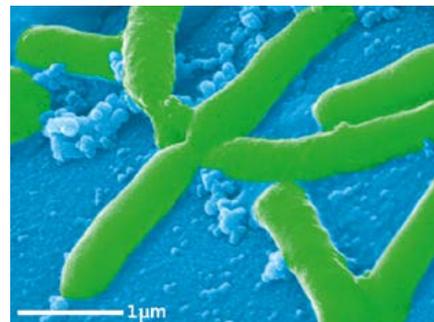
mit dem mikrobiellen Abbau organischer Schadstoffe, insbesondere dem von Chloraromaten durch Bakterien der vorher diesbezüglich wenig untersuchten Gattung *Rhodococcus*. Zudem fanden Untersuchungen zu *Rhodococcus*-Biotensiden, zum Einfluss von Biotensiden auf den Abbau schwerlöslicher Schadstoffe sowie zum Abbau von Pharmaka statt.

Zunehmend werden Abbauenzyme für die Synthese von Chemikalien genutzt, die rein chemisch nicht einfach zugänglich sind – unterstützt durch die DBU und mit dem Ziel eines produktionsintegrierten Umweltschutzes. Ein Fokus lag und liegt auf der Nutzung von Enzymen des Abbaus von Styrol, da die hierbei entstehenden Abbau-Zwischenprodukte oder ihre Derivate, speziell wenn sie aufgrund der enzymatischen Herstellung in enantiomerenreiner Form vorliegen, wertvolle Bausteine, beispielsweise für die Synthese von Pharmaka, Pestiziden oder Aromastoffen, sind. Mitt-

lerweile wurde das Genom des am intensivsten untersuchten Bakterienstamms mit Mitteln des Vereins der Praxispartner des IÖZ und vor allem der transnationalen ESF-Nachwuchsforschergruppe GETGEOWEB sequenziert, um auf dem Genom nach weiteren für die Weiße Biotechnologie potenziell relevanten Enzymen bzw. deren Genen zu suchen.

Seit einigen Jahren werden molekulargenetische Methoden genutzt, um mikrobielle Gemeinschaften im tiefen Untergrund zu untersuchen, speziell an Standorten, die ggf. für eine unterirdische Speicherung von CO₂ in Frage kämen (Abb. 17). Hier ist das Ziel, aus der genetischen Analyse des Vorkommens bestimmter Gruppen von Mikroorganismen auf deren Stoffwechsel-Eigenschaften zu schließen, um daraus abzuleiten, ob bzw. wie solche Organismen die Geochemie des Untergrundes beeinflussen.

Im Hinblick auf Aktivitäten in der Geobiotechnologie hat seit einigen Jahren die mikrobielle Behandlung von sauren Bergbauwässern einen hohen Stellenwert. Diese sauren Wässer entstehen im Erzbergbau wie auch im Kohlebergbau durch unkontrollierte Oxidation sulfidischer Minerale. Interessanterweise zeigten molekularökologische Untersuchungen, dass eine von der Fa. G.E.O.S. am Tagebau Nochten betriebene Pilotanlage für oxidative mikrobiologische Wasserreinigung fast ausschließlich neuartige eisenoxidierende Bakterien enthält. Deshalb laufen seit Jahren (zurzeit im ESF-Projekt GETGEOWEB) Untersuchungen zu Isolierung und Charakterisierung dieser Organismen, um daraus Vorschläge abzuleiten, wie die Leistungsfähigkeit einer solchen Anlage ggf. weiter verbessert werden kann. Auch der, chemisch gesehen, umgekehrte Weg, also die Reduktion der Wässer mit einer Ausfällung von Metallsulfiden, wird untersucht (Abb. 18).



Gert Schmidt

 Abb. 17: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von thermophilen Bakterien der Gattung *Petrotoga*, isoliert aus Formationswasser eines Erdgasreservoirs, das als CO₂-Speicher in Frage kommen könnte



Abb. 18: Eine nachhaltige Methode zur Reinigung von saurem Kippengrundwasser aus dem Bergbau: Bioreaktoren zur mikrobiellen Sulfatreduktion am Institut für Biowissenschaften (Förderung: SIEMENS AG, SMWK)

Seit auch für Deutschland der Erzbergbau wieder eine Option ist, wird im Institut auch die mikrobielle Erzlaugung nicht mehr primär als Umweltproblem, sondern verstärkt als Möglichkeit der Gewinnung von Metallen gesehen. So wurde aus dem Institut heraus eine Initiative zur Gründung des weiter unten getrennt dargestellten Freiburger Biohydrometallurgischen Zentrums (BHMZ) gestartet. Formal außerhalb des BHMZ, aber angelehnt an dieses, laufen Arbeiten zur Laugung von Kupferschiefer, zur Laugung strategischer Elemente aus deponierten Stäuben der Kupfergewinnung, Arbeiten zur Nutzung mikrobiell synthetisierter Chelatbildner für die Metallgewinnung sowie Kooperationsprojekte zur Erzlaugung mit chilenischen Partnern.

Die Forschungsaktivitäten der Arbeitsgruppe **Biologie/Ökologie** unter der Leitung von Prof. Dr. Hermann Heilmeyer beschäftigen sich ausschließlich mit dem für die Fakultät für Chemie und Physik zentralen Thema »Ressourcen« sowie der für die gesamte Universität prägenden Profillinie »Umwelt«.

Mit dem von der AG Biologie/Ökologie koordinierten BMBF-Projekt »Germaniumgewinnung aus Biomasse« (»PhytoGerm«), an dem auch das Institut für Technische Chemie und das Institut für Analytische Chemie sowie zwei Praxispartner beteiligt sind, wird das Ziel verfolgt, mittels Phytomining (»Bergbau mit Pflanzen«) das Element Germanium aus Böden zu extrahieren und in der Biomasse anzureichern (Abb. 19). Dabei wird die schon seit längerer Zeit bekannte Fähigkeit von Pflanzen ausgenutzt, nicht nur Nährstoffe, sondern auch andere Elemente – teilweise in höheren Konzentrationen – in ihrem Gewebe anzureichern. Erste Ziele von »PhytoGerm« sind die Identifizierung von geeigne-

ten Akkumulanten für Germanium und die Erforschung der Intensivierung der pflanzlichen Akkumulation. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass das Element Germanium in seinen chemischen Eigenschaften dem Element Silicium ähnlich ist. Die Germaniumakkumulation im Pflanzengewebe hängt dabei einerseits von den pflanzlichen Aufnahme- und Transportmechanismen ab, zum anderen von der durch das Löslichkeits- und Komplexierungsverhalten von Germanium bestimmten Verfügbarkeit im Boden. Daraus ergeben sich Ansätze für eine effektive Bodenbehandlung mittels unterschiedlicher Bodenzusatzstoffe, wie sie teilweise auch in der landwirtschaftlichen Praxis üblich sind. Eine alternative Möglichkeit besteht in der Verwendung von Pflanzen als »Ökosystemingenieure«, die durch ihre Wurzelaktivitäten das Bodenmilieu und die mikrobiellen Lebensgemeinschaften beeinflussen, was wiederum die Germanium-Verfügbarkeit erhöhen kann.

Zum Umweltbereich laufen Forschungsarbeiten in der AG Biologie/Ökologie auf mehreren Skalenebenen. Im Kontext mit den Verfahren der Phytoremediation bzw. des Phytomining, die für die Pflanzen aufgrund der teilweise extremen Bodeneigenschaften (pH-Wert, Belastung mit Schwermetallen und toxischen Spurenelementen etc.) erhebliche Stresssituationen herbeiführen können, wird die Reaktion der Pflanzen auf oxidativen Stress als Bioindikator verwendet. Dabei werden sowohl enzymatische Komponenten der Abwehr von oxidativem Stress als auch nicht-enzymatische Substanzen (beispielsweise Ascorbat, Glutathion, Carotinoide) untersucht. Da die Ausbildung reaktiver Sauerstoffspezies eine Antwort der Pflanzen auf eine Reihe von Stressfaktoren ist, werden die beschriebenen Abwehrreaktionen beispielsweise auch bei der Einwirkung tiefer Temperaturen auf Nadeln erforscht.

Extreme Bodeneigenschaften wirken sich insbesondere auf die (mikrobiellen) Lebensgemeinschaften in den durchwurzelten Bodenhorizonten aus. Ein in der Bodenökologie häufig verwendeter Indikator bezüglich möglicher Beeinträchtigungen ist die Aktivität verschiedener Bodenenzyme. Durch deren Bestimmung lassen sich die Einwirkungen extremer pH-Werte, von Schwermetallen oder hoher Salzbelastungen auf die Bodenaktivität bzw. Erfolge der Bodenentwicklung nach Wie-



Abb. 19: Entnahme von Bodenlösung im PhytoGerm-Gewächshausversuch mit Raps als zu testendem Germaniumakkumulant

derbegrünungsmaßnahmen in Tagebaufolgelandschaften gut nachweisen.

Für das Biomonitoring auf Landschaftsebene eignen sich moderne luftgestützte Verfahren der Fernerkundung. Dies wird im Rahmen des von der AG Biologie/Ökologie koordinierten EU-Marie-Curie-Projekts »ChangeHabitats2« untersucht. Dabei werden aus mittels Befliegung gewonnenen Laserscandaten Habitatindikatoren – wie beispielsweise Totholz in Wäldern oder die Entwicklung von Schilfgürteln in Gewässern – abgeleitet, die zur Bewertung von naturschutzfachlich relevanten Strukturen herangezogen werden können, die auf andere Weise im Gelände wegen Unzugänglichkeit oder Unübersichtlichkeit nicht vollständig erfasst und bewertet werden können. Eine Reihe dieser Indikatoren kann auch Umweltbelastungen, wie Eutrophierungen oder Veränderungen des Grundwasserspiegels, indizieren.

Seit 2013 ist am Institut für Biowissenschaften die **Honoraryprofessur Weinbau und Kellerwirtschaft** von Prof. Dr. Georg Prinz zur Lippe angesiedelt. Der kursächsische Oberberghauptmann Friedrich Wilhelm von Opper, der einer der Gründungsväter der Bergakademie ist, zählt zu den Vorfahren von Prof. Prinz zur Lippe, dessen Lehrveranstaltungen insbesondere für Studiengänge mit ökologischen oder biotechnologischen Inhalten wie Angewandte Naturwissenschaft, Geoökologie oder Chemie relevant sind.

Mit der Erde leben

Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau Carsten Drebenstedt et al.

In seinem Brief an das Kammer- und Bergkollegium vom 21. November 1765, schreibt Prinzregent Franz Xaver, dass mit der Einrichtung eines jährlichen Fonds nun » *jungen Leuten, die sich den Bergwerkswissenschaften widmen wollen, der nötige Unterricht ... umsonst zu erteilen ...*« sei. Genannt werden die Fächer Geometrie, Metallurgie und Chemie. Mit Aufnahme des Lehrbetriebs zu Pfingsten 1766 werden an der Bergakademie Freiberg mit den Fächern Mineralogie (Christian Hieronymus Lommer, auch erster Akademieinspektor), Praktische Markscheidkunst (Carl Ernst Richter) und 1768 mit der Bergbaukunst (einschließlich Lagerstättenkunde, Maschinenkunde und Aufbereitungskunde; Lommer) bereits jene Lehr- und Forschungsgebiete etabliert, die bis heute an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau fortentwickelt und auf internationalem Spitzenniveau weitergeführt werden. Damit standen und stehen wir neben der Mathematik, der Chemie und der Metallurgie in einer besonderen Verantwortung für die Profilierung unserer Hochschule.

Diese Verantwortung resultiert nicht zuletzt aus der langen Reihe herausragender Lehrer- und Schülerpersönlichkeiten, die als Wegbereiter der heutigen, modernen Forschung und Lehre an der Bergakademie wirkten und Vorbilder für unser Handeln sind. Stellvertretend seien genannt: die Gründungsväter Friedrich Anton von Heynitz (1725–1802) und Friedrich Wilhelm von Opper (1720–1769), die Professoren Abraham Gottlob Werner (1749–1817), Carl Friedrich Christian Mohs (1773–1839, ein Werner-Schüler), Ferdinand Reich (1799–1882), Julius Ludwig Weisbach (1806–1871), Bernhard von Cotta (1808–1879), Karl Kegel (1876–1959), Otto Meißner (1899–1966) und Arno Hermann Müller (1916–2004) sowie die Schüler Alexander von Humboldt (1769–1859), Theodor Körner (1791–1813) und Georg Philipp Friedrich von Hardenberg – Novalis (1772–1801). Weitere Persönlichkeiten, wie Oberberghauptmann Abraham von Schönberg (1640–1711), Oberberghauptmann Hannß Carl von Carlowitz (1645–1714), der russische Universalgelehrte

Michail W. Lomonossow (1711–1765) und Berghauptmann Siegmund August Wolfgang Freiherr von Herder (1776–1838) sind mit dem Profil unserer Fakultät verbunden. Wir sind stolz auf unsere Vergangenheit und leiten daraus einen hohen Anspruch für die gegenwärtigen und künftigen Aufgaben ab.

Zur heutigen Fakultät 3 der Bergakademie – der für »Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau« – haben sich 1990 die Fachbereiche Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau – die zuvor so bezeichneten Sektionen – in einer fachübergreifenden Struktur zusammengeschlossen. Die Fakultät firmiert unter der Wortmarke »GRIPS« (**Geo: Ressourcen, Informationen, Prozesse im System Erde, Abb. 1**).



Abb.1: Wort- und Bildmarke der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau

Sie gliedert sich aktuell in sieben Institute: Geologie, Mineralogie, Geophysik und Geoinformatik, Bergbau und Spezialtiefbau, Bohrtechnik und Fluidbergbau, Geotechnik sowie Markscheidwesen und Geodäsie. An den Instituten arbeiten derzeit 20 ordentliche Universitätsprofessoren, acht außerplanmäßige Professoren, acht Gast- und zwei Honorarprofessoren, unterstützt von 53 wissenschaftlichen und 51 technischen Mitarbeitern sowie 16 Verwaltungsangestellten. Die Leitung der Fakultät obliegt dem Dekanat (Dekan: Prof. Dr. Carsten Drebenstedt, Prodekan: Prof. Dr. Klaus Spitzer, Dekanatsrätin: Dipl.-Min. Andrea Docekal). Zur Fakultät gehören eine zentrale Werkstatt, die Geowissenschaftlichen Sammlungen und die Sammlung markscheiderischer Instrumente sowie die wissenschaftliche Leitung des Forschungs- und Lehrbergwerks.

Entsprechend den Aufgaben einer Universität betreiben wir ambitionierte und zugleich praxisorientierte Forschung und Entwicklung sowie Aus- und Weiterbildung auf den aus der Bezeichnung der Fakultät ersichtlichen Lehr- und Wissenschaftsgebieten. Das systematische

Zusammenwirken von georelevanten Natur- und Ingenieurwissenschaften mit starken Bezügen zur Chemie, Physik, Mathematik, Informatik, Wirtschaftslehre und zum Recht sichert unserer Fakultät eine Alleinstellung mit in der Summe hervorragenden Potenzialen. Entsprechend der Gründungsidee kooperiert die Fakultät dabei intensiv mit anderen Strukturen der Universität sowie dem lokalen, nationalen und internationalen Lehr-, Forschungs- und Wirtschaftsumfeld. Dass fachübergreifende Kooperation die Regel sein muss, zeigt sich bereits an den hybriden Bezeichnungen solcher Fachgebiete, wie Geophysik, Geochemie, Geoinformatik, mathematische Geologie, Boden- und Felsmechanik oder Bergrecht. An benachbarten Fakultäten gibt es – quasi spiegelbildlich – Fachgebiete wie Bergbaumaschinen oder Bergwirtschaft und Montangeschichte. Die sich darin bereits ausdrückende vernetzte Kompetenz erlaubt es, auch komplexe Probleme erfolgreich anzugehen.

Hervorragende Bedingungen für eine auch regionale Vernetzung ergeben sich daraus, dass sowohl der Geologische Dienst als auch das Oberbergamt des Freistaates Sachsen in Freiberg ihren Sitz haben. Zudem etablierten sich in den letzten Jahren ebenfalls in unserer Stadt das Helmholtz-Institut für Ressourcentechnologien und zahlreiche weitere Forschungs- und Dienstleistungskompetenzen. Unter dem Dach des Geokompetenzzentrums Freiberg e.V. (GKZ) sind – regional übergreifend – mehr als 170 georelevante Firmen und Experten vereint. Zudem sei auf die zahlreichen Bergbau-Unternehmen im Freistaat Sachsen verwiesen, mit denen wir auf kurzem Weg eng kooperieren. Auf nationaler und internationaler Ebene sind die Kompetenzen unserer Fakultät seitens zahlreicher Unternehmen, staatlicher Einrichtungen und Gremien sehr gefragt. So wird das von unserer Universität angeregte *World Forum of Resource Universities on Sustainability* durch Vertreter unserer Fakultät maßgeblich mitgestaltet. Wir unterstützen aktiv den Aufbau von Montanhochschulen und -fakultäten in anderen Ländern, beispielsweise in der Mongolei und in Afghanistan.



Abb.2: Christoph Breitkreuz in der vulkanologischen Sammlung

Studium

Unsere Fakultät betreut derzeit etwa 1.400 Vollzeit-Studierende in grundständigen und spezialisierten, teilweise bundesweit einmaligen, nur noch in Freiberg angebotenen Studiengängen, die den Absolventen beste Berufsaussichten bieten. Im Jahr 2013 haben 312 Studenten ein Studium in einem unserer Studiengänge aufgenommen. Mit 73 hauptamtlichen Wissenschaftlern und Lehrenden (ohne Drittmittelpersonal) ist ein gutes Betreuungsverhältnis garantiert. Wir sind bekannt für eine erfolgfördernde Studienumgebung, die es engagierten jungen Leuten erlaubt, ihr Studium in der Regelstudienzeit abzuschließen. Im langjährigen Durchschnitt verlassen pro Jahr mehr als 150 Absolventen unsere Fakultät (2013–199). Jährlich verteidigen ca. 25 Doktoranden/Habilitanden ihre Arbeiten (2013: 30 Doktoranden, zwei Habilitanden). Zahlreiche Post-Docs und Gastwissenschaftler aus aller Welt werden betreut und bereichern Wissenschaft und Lehre.

2013 waren 33% aller Studienanfänger der Fakultät Frauen. Der Anteil der Absolventinnen bei den Promovierenden lag im selben Zeitraum bei über 33%. Hierin zeigen sich die Zielstrebigkeit und der Erfolgswille junger Frauen auch in naturwissenschaftlich-technischen Studienfächern.

Den Studierenden stehen exzellente Bedingungen zur Verfügung, die sich in regelmäßigen Top-Positionen in der Zufriedenheitsskala ausdrücken, bspw.:

- hochmotivierte und kompetente Mitarbeiter

- attraktive, auch internationale Studiengänge
- hervorragende Netzwerke für praxisnahe Ausbildung und Auslandsaufenthalte
- eine mit Bestnoten versehene, spezialisierte Universitätsbibliothek
- einzigartige Lehr- und Forschungssammlungen
- eine sehr gute technische und Labor-Infrastruktur
- universitätseigenes Forschungs- und Lehrbergwerk »Reiche Zeche« und »Alte Elisabeth«
- beträchtliches Aufkommen an Drittmitteln für Doktoranden, Post-Docs und zusätzliche Technikerstellen

Folgende Studiengänge werden angeboten:

- Bachelor- und Masterstudiengang Geoökologie
- Bachelorstudiengang Geoinformatik und Geophysik
- Masterstudiengang Geoinformatik
- Masterstudiengang Geophysik
- Bachelorstudiengang Geologie und Mineralogie
- Masterstudiengang Geowissenschaften
- Diplomstudiengang Geotechnik und Bergbau
- Diplomstudiengang Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie

Internationale, englischsprachige Masterstudiengänge

- Sustainable Mining and Remediation Management
- Geoscience
- Groundwater Management
- Advanced Mineral Resource Development



Abb. 3: Praktische Ausbildung von Studierenden

Forschung

Eine relevanten Themen gewidmete, international anerkannte Forschung und Entwicklung ist bekanntlich die Grundlage für eine wissenschaftlich ambitionierte universitäre Aus- und Weiterbildung auf hohem Niveau. Ein wichtiger Indikator dafür ist das Drittmittelaufkommen, das in den letzten Jahren beständig zugenommen hat (2003: 3.110 T€; 2013: 8.324 T€). Dabei haben die Geowissenschaften und das Geoingenieurwesen in etwa gleichstarke Anteile. Wichtige Auftraggeber sind die DFG, der Bund und die Wirtschaft.

Als Indikator des Niveaus wissenschaftlicher Ergebnisse gelten zunehmend auch die Publikationen in Fachzeitschriften. Hier ist in den letzten zehn Jahren ein positiver Trend zu verzeichnen. 2013 wurden über 300 (davon 125 referierte) Veröffentlichungen gezählt; ca. zwei Drittel der referierten Publikationen entfallen dabei auf die Geowissenschaften. Die Zahl der Patent- und Erfindungs(an)meldungen hat sich ebenfalls positiv entwickelt (2013: zwei Patentanmeldungen und neun Erfindungsmeldungen).

Die Forschungsschwerpunkte der Fakultät und die entsprechende Ausstattung der Forschungsinfrastruktur sind in den nachstehenden Berichten der Institute detailliert beschrieben. Einige besondere Leistungen sollen hier stellvertretend erwähnt werden.

Joachim Menz, apl. Professor für Geomodellierung, Photogrammetrie und Astronomie von 1992 bis 2004, wurde 1992 als erster Wissenschaftler aus den neuen Bundesländern mit dem Gottfried Wil-

helm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgezeichnet.

Die gleiche hohe Ehrung erhielt im Jahr 2000 Peter M. Herzig, Professor für Lagerstättenlehre, für seine besonderen Verdienste um die Meeresforschung, speziell zur Gashydratnutzung aus dem Umfeld von Black Smokern.

Jörg Schneider, der seit 1982 die Paläontologie vertritt, hat mit seinen aufsehenerregenden Fossilienfunden für manche Schlagzeile gesorgt. Seit 1989 engagierte er sich in vorderster Reihe mit außerordentlichem Engagement im Team der Lehrenden der Fakultät für die nationale und internationale Etablierung der geowissenschaftlichen Ausbildung.

Ein Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Endlagerung toxischer und radioaktiver Abfälle. Hier haben sich Horst Gerhard (Mitglied der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Rektor 1988–1991) und Peter Sitz Anfang der 1990er-Jahre verdient gemacht und die Endlagerforschung aufgebaut. Heute vertritt Wolfram Kudla die Wissenschaft im Ausschuss zur Endlagerstandortsuche.

Ebenfalls besondere Verdienste erwarb sich Wolfgang Förster (Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften) mit der Erforschung der Mechanismen der Bodenverflüssigung im Lausitzer Kippenmaterial und dem Design entsprechender Sanierungsmaßnahmen. Auch dieses Forschungsgebiet ist bis heute hochaktuell.

Für seinen holistischen Ansatz eines verantwortungsbewussten, gemäß den Prinzipien der Nachhaltigkeit geführten Bergbaus, den u. a. die Einführung energie- und materialeffizienter Prozesse sowie die Integration der Rekultivierung in Tagebaubetriebe kennzeichnet, wurde Carsten Drebenstedt 2014 zum Mitglied der Sächsischen Akademie der Wissenschaften gewählt. Er ist auch Mitglied der Russischen Akademie für Naturwissenschaften.

Internationalisierung

Am Beispiel der Professur Bergbau-Tagebau unter Leitung von Carsten Drebenstedt wird hier die Internationalisierung der Ausbildung und Forschung anhand einer Weltkartenskizze erläutert. *Abbildung 4* gibt stellvertretend für die Professuren der Fakultät die internationalen Kooperationen der letzten 15 Jahre wieder. Die Konzentration auf Osteuropa und Asien sowie jüngere Aktivitäten in

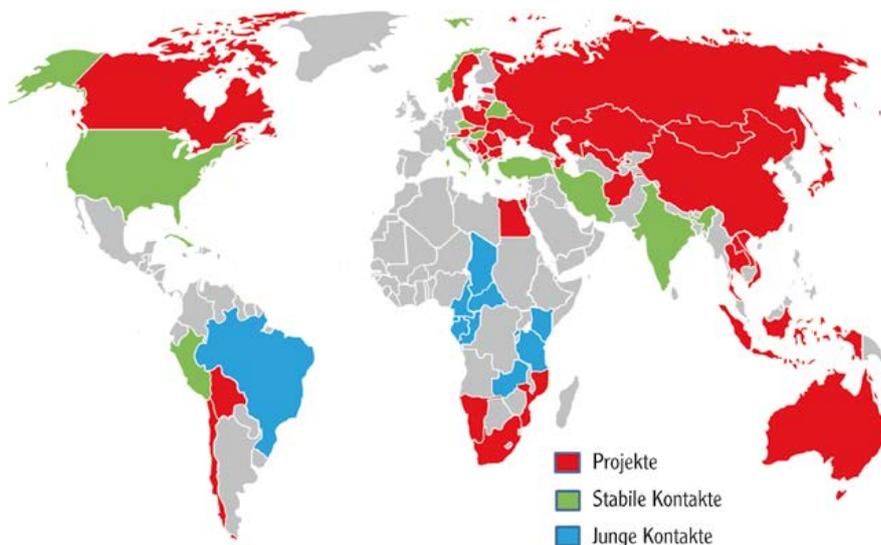


Abb. 4: Länder mit aktiven Hochschulkooperationspartnern und Projektgebiete der Professur Bergbau-Tagebau

Afrika und Lateinamerika korrelieren mit dem an der Universität diesbezüglich generellen Trend.

Welche Bedeutung die Tradition in der internationalen Kooperation besitzt, verdeutlichen die studentischen Fachexkursionen des Instituts für Bergbau und Spezialtiefbau ins Ausland. Dabei unterstützen die Alumni vor Ort die Organisation maßgeblich. Die Exkursionen 2001 und 2011 führten nach Südamerika bzw. in den Ural – in jene Regionen, die bereits Alexander von Humboldt bereiste. Weitere Exkursionsziele waren die Mongolei (2012), Österreich (2009), Australien (2008), Rumänien (2006), die Ukraine (2004) und Polen (2000).

Der erste englischsprachige Master-Studiengang im Fach Bergbau in Deutschland wird seit 2010 mit dem Schwerpunkt eines verantwortungsbewussten Rohstoffabbaus angeboten (Sustainable Mining and Remediation Management), der erste multinationale englischsprachige Master-Studiengang im Bergbau seit 2012 (*Advanced Mineral Resource Development*). Diese beiden Studiengänge waren die ersten englischsprachigen ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge an der Universität überhaupt.

Zu Doppeldiplom-Abschlüssen im Bergingenieurwesen führende Studiengänge wurden deutschlandweit erstmalig gemeinsam mit Hochschulen in Krakau und Gliwice (Polen) sowie Dnepropetrovsk (Ukraine), St. Petersburg und Moskau (Russland), Doppelpromotionen zusammen mit Dnepropetrovsk und Petroșani (Rumänien) auf den Weg gebracht.

Mit Universitäten aus ca. 30 Ländern

steht die Professur in engerem Kontakt und hat seit dem Jahr 2000 Studenten aus 14 Ländern promoviert. Gastwissenschaftler kommen aus bisher acht Ländern, Gastvorlesungen sowie Forschungs- und Entwicklungsprojekte wurden im Gegenzug in sieben Ländern realisiert. Gemeinsame Lehr- und Fachbücher wurden in Russland, der Ukraine, der Mongolei und in der Slowakei veröffentlicht.

Projekte zur Modernisierung und Entwicklung von Bergbau- und bergbau-relevanten Studiengängen wurden in Bolivien, der Mongolei und Afghanistan, Projekte zur Evaluierung von Hochschulen in Kasachstan und Rumänien realisiert; hinzu kommen Weiterbildungsprojekte in Rumänien, Serbien und Chile.

Sonderprojekte wurden entwickelt, beispielsweise ein Auslandssemester für thailändische Studenten in Freiberg (2003–2005, 2010, 2011), ein (3+2)-Programm in Kooperation mit der Mongolischen Universität für Wissenschaft und Technologie (drei Jahre Studium in Ulan Bator nach deutschem Studienplan mit Deutsch-Intensiv, danach Wechsel für zwei Jahre in den Bergbau-Diplomstudiengang nach Freiberg) und ein (4+2)-Programm zusammen mit der Universität für Bergbau und Technologie in Xuzhou, China, (vier Jahre Bachelorstudium in Xuzhou, zwei Jahre Master in Freiberg).

Im Rahmen des internationalen Wissenstransfers wurden im Fach Bergbau zahlreiche internationale Tagungen organisiert, beispielsweise die *Mine Planning and Equipment Selection* (MPES, Dresden 2013), die *International Conference on Coal Fire Research* (Berlin 2010), das

International *Symposium Continuous Surface Mining* (ISCSM, Freiberg 2001 und 2010) und die *International Conference on Non-Blasting Rock Destructuring* (Freiberg, 2008 und 2012). Seit 2006 wird von der Professur speziell für junge Wissenschaftler jährlich ein fachübergreifendes internationales Kolloquium entlang der Rohstoff-Wertschöpfungskette im Rahmen des BHT ausgerichtet.

Professoren der Fakultät haben viele der jüngeren internationalen Netzwerke an der TU Bergakademie Freiberg mitinitiiert (Deutsch-Russisches Rohstoffforum, *International University of Resources, World Forum of Resource Universities on Sustainability*, ...).

Wo wollen wir hin?

Die Ziele unserer Fakultät folgen den Leitlinien Forschungsexzellenz, Ausbildungskompetenz, Internationalität und soziale Kompetenz. Wir wollen unsere Rolle als international führende Geo-Fakultät mit den Aufgaben Erforschung, Erkundung, Nutzung und Schutz der Erdkruste nach den Grundsätzen der Nachhaltigkeit festigen und weiterentwi-

ckeln. Die Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau ist damit zukunftsorientiert aufgestellt. Es gilt, den Bestand und die Qualität des Lehr- und Forschungspersonals zu halten bzw. weiter auszubauen. Die Vereinbarkeit von Familie und Beruf soll ebenso wie die Gleichstellung gefördert werden. Wir möchten mehr Frauen für unsere Studiengänge und für eine sich anschließende Mitarbeitertätigkeit begeistern.

Als Fakultät werden wir nicht zuletzt an der Qualität unserer Absolventen gemessen. Solide Grundausbildung, hohe Aktualität des erworbenen bergbaulichen Know-hows, Problemlösungskompetenz, Innovationsfähigkeit, Praxisorientierung sowie interkulturelle und soziale Kompetenz werden weiterhin nach hohem, international anerkanntem Standard vermittelt. Die Ausbildung bedarf ständiger Innovationen und muss sich stärker an der Informationstechnologie und an den Tendenzen der Globalisierung des Wissens orientieren (soziale Netzwerke, E-Learning, Distance Learning ...). Die Studiengänge sind an ständig veränderte Erfordernisse anzupassen und für eine

größere Zahl von Studierwilligen attraktiv zu gestalten. In diesem Zusammenhang gewinnt auch die Entwicklung von Weiterbildungsangeboten an Bedeutung.

Eine aktuelle und kompetente Fachausbildung basiert auf innovativer Forschung und diese auf einer attraktiven Forschungsinfrastruktur. Bis 2020 wollen wir den »Charme der 1950er« in allen Gebäuden unserer Fakultät überwunden haben – einhergehend mit einer Erneuerung von Laboren und der Gestaltung eines leistungsfördernden Arbeitsumfelds. Die Einwerbung von Drittmitteln ist dabei wichtig – außer bei der Wirtschaft, beim Bund und bei der DFG auch zunehmend aus Förderprogrammen der EU. Die nationale und weltweite Wahrnehmbarkeit der Forschungsleistungen soll durch nach Möglichkeit qualitativ hochkarätige Promotionen/Habilitationen, Publikationen, Patente und Fachtagungen gesteigert werden. Wir verstehen uns also als kompetenten, national und international anerkannten Netzwerkpartner in Lehre, Forschung und Weiterbildung.

Die folgende Kurzpräsentation der Institute der Fakultät orientiert sich an der Reihenfolge ihrer Herausbildung als eigenständige Lehr- und Forschungseinheiten (Abb. 5).

Die Institute der Fakultät

Institut für Mineralogie

Die Wurzeln der Mineralogie in Freiberg reichen in die Zeit deutlich vor Gründung der Bergakademie zurück und finden sich u. a. bei Johann Friedrich Henckel (1678–1744) und Christlieb Ehregott Gellert (1713–95). Mit der Gründung der Bergakademie übernahm 1766 Christian Hieronymus Lommer die Lehre im Fach Mineralogie. Abraham Gottlob Werner, Namenspatron des heutigen Instituts-Hauptgebäudes, ist Begründer der modernen Geowissenschaften in Deutschland. Er hat den Grundbestand der heute weltberühmten Mineral-, Gesteins- und Fossiliensammlung als Lehr- und Forschungssammlung angelegt, die seitdem stetig gepflegt und ausgebaut wird – mit unersetzlichen Zeugnissen von Geoprozessen aus allen Regionen der Welt.

Neben alles überragenden Persönlichkeiten, wie dem Werner-Schüler Alexander von Humboldt, stehen Professoren wie Friedrich Mohs, Entwickler der Mohsschen Härteskala, und Christian

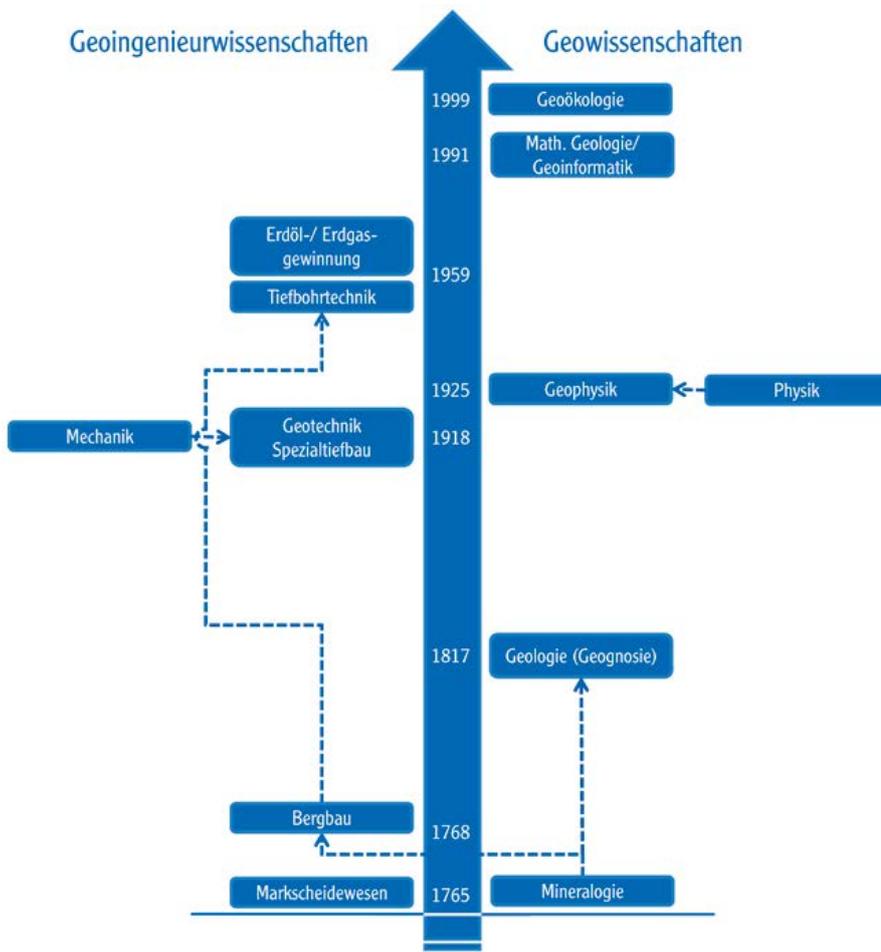


Abb. 5: Herausbildung der heute die Fakultät prägenden Lehr- und Forschungsgebiete

Samuel Weiss, Begründer der geometrischen Kristallografie, oder August Breithaupt, Begründer der Paragenesenlehre, für die frühe Phase unseres Instituts. In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg waren es vor allem die Mineralogieprofessoren Friedrich Leutwein (1911–1974) und Hans-Jürgen Rösler (1920–2009), die 1947–1958 bzw. 1959–1985 am Institut wirkten, deren Namen weit über Freiberg ausstrahlten und deren Werke teilweise sogar ins Englische übersetzt wurden, als dies noch nicht so selbstverständlich war wie heute.

Die Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin »Mineralogie« widerspiegelt sich in Freiberg eindrücklich an der Anzahl und den Namen der Lehrgebiete bzw. Professuren. Die Mineralogie ist seit der Gründung der Bergakademie ununterbrochen als Professur vertreten und erfuhr in den 1980er-Jahren durch die Etablierung der Technischen Mineralogie einen wichtigen Ausbau. Die als eigenständig bezeichnete Petrologie folgte 1953 und ist heute an die Lagerstättenlehre angegliedert. Die Lagerstättenlehre mineralischer Rohstoffe, wie sie sich heute nennt, wurde 1946 als eigenständiges Fachgebiet installiert. Zuvor hatte Cotta bereits 1851 eine Vorlesung zur Erzlagerstättenlehre eingeführt, nachdem sich bereits Werner, Freiesleben und Breithaupt dem Thema der Erzlagerstättenkunde zugewandt hatten. Im Laufe der Entwicklung wechselten die Bezeichnungen dieser strategisch wichtigen Disziplin und auch die ihrer Teildisziplinen. Die Entfaltung der Geochemie in Freiberg begann unter Leutwein, avancierte aber erst unter Rösler ab 1969 zu einem eigenen Fachgebiet, das in den 1980er-Jahren durch die Integration der Isotopengeochemie verstärkt wurde. 1999 folgte die Gründung der Geoökologie in Freiberg; seit 2004 repräsentiert sie – vereint mit der Geochemie – eine der drei Säulen des Instituts.

Fachlich stehen die genannten Namen von Anfang an für eine quantifizierende Wissenschaft mit ihren stetig präziser werdenden physikalischen und chemischen Messmethoden im Kontext mit ihrer einzigartigen Stärke: der mineralogischen Phasenanalyse. Die Mineralogie in dieser Spannweite war und ist die Brückendisziplin zu den diversen Natur- und Ingenieurwissenschaften, auch zu den Geisteswissenschaften, wie man es von kaum einem anderen Wissensgebiet zu sagen vermag.



Abb. 6: Versuchsaufbau für Flyer-plate-Schockwellenversuche im Freiburger Schockwellenlabor im Forschungs- und Lehrbergwerk »Reiche Zeche«

Das Institut für Mineralogie gliedert sich heute in die ordentlichen Professuren der Fachbereiche Allgemeine und Angewandte Mineralogie (Gerhard Heide), Lagerstättenlehre mineralischer Rohstoffe/Petrologie (Jens Gutzmer) sowie Geochemie und Geoökologie (Jörg Matschullat). Folgende Fachgebiete werden durch außerplanmäßige Professuren vertreten: Technische Mineralogie (Jens Götz), Lagerstättenkunde und Metallogenie (Thomas Seifert), Isotopengeochemie und Geochronologie (Marion Tichomirowa) sowie Petrologie (Bernhard Schulz).

Die im Institut für Mineralogie arbeitenden Chemiker, Geochemiker, Geoökologen, Kristallografen, Lagerstättengeologen, Mineralogen und Petrologen untersuchen Stoffe und Prozesse in allen direkt oder indirekt zugänglichen Sphären der Erde und forschen interdisziplinär mit ihren Kollegen aus anderen Fachressorts, wie beispielsweise Bergbau, Mikrobiologie, Ökonomie oder Werkstoffwissenschaft.

Aktuell vollzieht sich diese Zusammenarbeit unter anderem im zweiten Forschungskolleg der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung, im »Biohydrometallurgischen Zentrum für strategische Metalle (BHMZ)« und im r³-Verbundprojekt des BMBF »Strategische Metalle in sächsischen Bergbauhalden (SMSB)« unter der Leitung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF).

Monitoring, Kartierung und Probenahme sind Ausgangspunkte unserer Ar-

beit. Geochemisch-mineralogische Analytik von Gesteinen, Erzen, Industriemineralen, Edelsteinen, Salzen, Sedimenten, Böden, Tonmineralen, Gläsern, Aufbereitungsrückständen, Schlacken, Filterstäuben, Aerosolen, organischem Material und Wasserproben liefert uns die Datenbasis für die Erforschung der ihnen zugrunde liegenden Bildungs- und Umwandlungsprozesse. Dafür stehen uns im Institut vor allem zur Verfügung: Licht- und elektronenmikroskopische Abbildungsverfahren, optische Spektroskopie, Atomspektrometrie, Massenspektrometrie, Röntgendiffraktometrie, Röntgenfluoreszenzspektrometrie, Thermoanalyse, Ionenchromatografie, Elementaranalyse und Geräte für Fluideinschluss-Untersuchungen. Die stoffliche und methodische Vielfalt unseres Tuns erfordert individuell angepasste Präparationstechniken.

Doch nicht allein analytische Fragestellungen stehen im Fokus des Instituts, sondern auch ausgewählte Techniken der experimentellen Mineralogie. Verwitterungs-, Laugungs- und Korrosionsexperimente an/mit Erzen und Schlacken dienen der Simulation und dem Verständnis natürlicher Prozesse.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Synthese neuer Verbindungen in zwei sehr verschiedenen, extremen Varianten: die Einkristallzüchtung von Silicaten und Boraten nach dem Czochralski-Verfahren und die Synthese von Hochdruckphasen, wie Nitriden als Ultra-Hartstoffe, für neue Aufbereitungs- und Gewinnungs-



Detlev Müller, TU Bergakademie Freiberg

Abb. 7: Inertgasbox mit trockener Stickstoffatmosphäre zur Arbeit mit luft- und sauerstoffempfindlichen Proben

technologien. Im akademieeigenen Forschungs- und Lehrbergwerk wurde ein Schockwellenlabor aufgebaut, in dem es per Detonation von Sprengstoff möglich ist, Drücke bis zu über 100 GPa kontrolliert – bei vollständiger Probenrückgewinnung – zu erreichen.

Das Institut für Mineralogie ist maßgeblich an den Bachelorstudiengängen Geologie/Mineralogie und Geoökologie beteiligt und bietet weiterführende Masterprogramme in Geowissenschaften und Geoökologie sowie ein spezialisiertes internationales Masterstudium an. Unsere Vorlesungen, Seminare, Übungen, Praktika und Exkursionen folgen dem dargestellten Forschungsprofil und bereiten die Studierenden auf projekt- und praxisbezogene Qualifizierungsarbeiten vor, in deren Rahmen sie am gesamten wissenschaftlichen Prozess beteiligt sind. Die geowissenschaftlichen Sammlungen sind für unsere wissenschaftliche Konzeption unverzichtbar, indem sie sowohl Vergleichs- und Referenzmaterialien für geochemisch-mineralogische Untersuchungen als auch Beleg- und Schaustücke für die praktische Ausbildung der Studierenden bereitstellen. Darüber hinaus nutzen wir das Forschungs- und Lehrbergwerk »Reiche Zeche« und »Alte Elisabeth« für Forschungsprojekte des Instituts und für die studentische Ausbildung.

Zukünftig wird es von noch größerer Bedeutung sein, das Verständnis stofflicher Prozesse im System Erde weiterzuentwickeln und zu vertiefen. In diesem Zusammenhang untersuchen wir sowohl natürliche Prozesse von potenziell sozio-

ökonomischer Relevanz als auch anthropogen beeinflusste Stoffströme. Dies erfordert zunehmend eine ganzheitliche Betrachtungsweise. Eine interdisziplinär orientierte Arbeitsweise und die Bereitschaft zu weiteren Vernetzungen müssen wir in Zukunft verstärkt unseren Studierenden vermitteln. Die Ausbildung im Gelände und im Labor bleibt hierfür unabdingbar. Deshalb halten wir aufwändige Praktika mit konventionellen Techniken und auch modernen apparativen analytischen Methoden für essenziell. Die dabei vermittelten Schlüsselqualifikationen befähigen unseren wissenschaftlichen Nachwuchs zu einer strukturierten Bearbeitung komplexer Fragestellungen. Dessen Förderung auf allen akademischen Ebenen – vom Bachelor bis zum Habilitanden – ist uns ein zentrales Anliegen.

Die stete Anpassung an neue Erfordernisse und technologische Entwicklungen ist in diesem Zusammenhang unerlässlich. Wir wollen auch in Zukunft neue Methoden entwickeln bzw. zu deren Entwicklung beitragen. Das ist ebenso selbstverständlich wie notwendig, denn auch die jeweils aktuellsten Standardmethoden erfüllen selten die spezifischen und sehr speziellen Anforderungen unseres Fachgebiets und der Industriepaxis. Hier gilt es, vor allem im Hinblick auf die immer leistungsfähiger werdenden Labore, die baulichen Infrastrukturen entsprechend weiterzuentwickeln. Ein zukunftsweisendes Beispiel dafür wird die Errichtung des gemeinsamen sächsischen Bohrkernlagers des Landesamtes

für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie sowie der TU Bergakademie Freiberg sein. Ferner wollen wir das Forschungs- und Lehrbergwerk »Reiche Zeche« intensiver als Technikum der experimentellen Mineralogie und als natürliches Labor für das Langzeit-Monitoring geochemischer Prozesse nutzen. In diesem Kontext sind Ausbau und Weiterentwicklung der Analytik, des Schockwellenlabors und der Einkristallzüchtung ebenso unverzichtbar wie die Stabilisierung des Personalbestands für Lehre und Forschung, auch in den Laboren.

Wir wollen auch weiterhin Beiträge zu einer nachhaltigen Nutzung von natürlichen Ressourcen leisten und dabei nicht nur die Rohstoffkette von der Erkundung und Gewinnung über die Aufbereitung bis hin zu Entsorgung und Recycling begleiten, sondern auch hiermit verbundene Fragen zur Mineralbildung und zur Lagerstättenogenese sowie zu anthropogenen Eingriffen in geochemische Kreisläufe und zu den dadurch verursachten Umweltveränderungen beantworten.

Institut für Markscheidewesen und Geodäsie

Das Gründungsfach der Bergakademie »Markscheidekunst« wird heute am Institut für Markscheidewesen und Geodäsie weitergeführt. Die Entwicklung dieses Fachgebiets ist mit klangvollen Namen verbunden, wie Friedrich Wilhelm von Opper, (1749 Buch »Anleitung zur Markscheidekunst nach ihren Anfangsgründen und Ausübungen kürzlich entworfen«, Begründer der Kollektion historischer Vermessungsinstrumente der akademischen markscheiderischen Lehre in der Sammlung des Instituts), Friedrich Wilhelm von Charpentier (1738–1805), Johann Friedrich Freiesleben (1747–1807, Lehrbeauftragter für »praktische Markscheidekunst« 1780–1802), Julius Ludwig Weisbach (1806–1871), revolutionierte durch den Einsatz geodätischer Instrumente unter Tage die Vermessung im Bergbau.

1871 wurde der erste Lehrstuhl für »Markscheidkunde und Geodäsie« gegründet. 1918 berief man Paul Erich Wandhoff (1879–1934) zum Professor für Markscheidkunde und Geodäsie. Dieser beschäftigte sich insbesondere mit der Ausgestaltung der Richtungsübertragung mittels feinmagnetischer Messungen und Lotungen in seigeren Schächten. Wandhoff setzte sich für die Einführung der Bergschadenkunde als Teildisziplin der Markscheidkunde ein.



Abb. 8: Einsatzgebiete der Markscheider (Anzahl der Beschäftigten in Prozent)

In den Jahren 1927–1955 wirkte der Geodät Karl Lüdemann (1882–1957) am damaligen Institut für Markscheidewesen und Bergschadenkunde. Neben zahlreichen Arbeiten auf instrumententechnischem Gebiet hielt er Vorlesungen über Katastertechnik.

Mit der Zunahme der raumordnungsrechtlichen Aspekte zur Vermessung, zur Risswerk- und zur Bergschadenlehre ist das heutige Arbeitsfeld des Markscheiders fast vollständig umrissen: In der Zeit zwischen 1949 und 1967 war der Markscheider Karl Neubert (1900–1972) als Professor für Markscheidkunde und Direktor am Institut für Markscheidewesen und Bergschadenkunde tätig. Neubert nutzte seine langjährige markscheiderische Praxis außer zur Entwicklung der Bergschadenlehre u. a. zur wissenschaftlichen Bearbeitung von Problemen der Lagerstättendokumentation und -bearbeitung, dem heutigen Lagerstättenmanagement, der fünften Komponente des Markscheidewesens.

Die Forschungs- und Entwicklungsthemen wurden zu DDR-Planwirtschafts-

zeiten in der Regel von den Bergbaubetrieben vorgegeben. Im Fokus stand dabei stets der Aspekt der Automatisierung oder zumindest der Rationalisierung markscheiderischer Tätigkeiten. Daneben liegt seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts einer der Forschungsschwerpunkte durchgängig auf dem Sektor der Bergschadenlehre. In der jüngeren Vergangenheit sind damit vor allem die Namen der Professoren Jürgen Fenk (Institutsdirektor 1992–1999) und Anton Sroka (Institutsdirektor 2003–2013) verbunden. Einige Lehrgebiete werden heute durch Lehraufträge extern vertreten, beispielsweise die Ingenieurgeodäsie (Michael Möser, TU Dresden) oder die Raumplanung und das Liegenschaftswesen. Das Institut leistet – umgekehrt – Lehrexport für mehrere Studiengänge. Angehörige des Instituts lehren vor allem für angehende Bergleute, Geotechniker, Industriearchäologen und Geowissenschaftler. Ab 1992 baute Joachim Menz eine Arbeitsgruppe mit dem Forschungsschwerpunkt Entwicklung neuartiger geostatistischer Vorhersageverfahren zur

Lagerstättenmodellierung auf. Von ihm wurden auch die Arbeiten auf dem Gebiet der photogrammetrischen Kluft- und Haufwerksanalyse initiiert, die bis in die Gegenwart weitergeführt worden sind. Auch nach der Emeritierung von Menz sind Lehre und Forschung auf dem Gebiet der geostatistischen Daten- und Informationsanalyse, Vorhersage und Simulation durch in- und externe Mitarbeiter fortgeführt worden.

In Anlehnung an die langjährige markscheiderisch-geodätische Tradition wurde das »Institut für Markscheidewesen« 1993 wieder zum »Institut für Markscheidewesen und Geodäsie« umstrukturiert. Im gleichen Jahr konnten sich Studenten erstmals für den neu konzipierten Diplomstudiengang »Markscheidewesen und Geodäsie« einschreiben. Der Studiengang wurde im Rahmen des Bologna-Prozesses 2007 modularisiert. Er konnte bislang als selbstständiger »Diplomstudiengang für Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie« mit einer Regelstudienzeit von zehn Semestern aufrechterhalten werden. Es ist eine Herausforderung, diesen deutschlandweit einmaligen Studiengang für junge Leute attraktiv zu gestalten.

Im Jahr 2005 konnte das Institut am Standort Reiche Zeche, Fuchsmühlweg 9, erstmals ein eigenes Gebäude beziehen. Es erhielt anlässlich des 7. »Geokinematischen Tages« 2006 den Namen Karl-Neubert-Bau. Der »Geokinematische Tag« ist eine jährliche Fachtagung des Instituts mit internationaler Beteiligung von bis zu 200 Teilnehmern.

Nach dem Ausscheiden von Anton Sroka im März 2013 in den Ruhestand wurde die Professur mit der Widmung »Geomonitoring und Markscheidewesen« ausgeschrieben. Der Ausschreibungstext deutet eine Ausrichtung auf die Integration von geodätischen, geotechnischen und geophysikalischen Messmethoden für das Lagerstättenmanagement entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Erkundung bis zur Rekultivierung – an. Mit dieser Ausrichtung würden die Alleinstellungsmerkmale des Markscheidewesens als Fachrichtung an einer so traditionsreichen Ressourcenuniversität zum Ausgangspunkt einer weiteren Entwicklung des Instituts für Markscheidewesen und Geodäsie zu einem internationalen Zentrum für Geomonitoring und Geodatenmanagement im Bergbau, zu einem Kompetenzzentrum für Universitäten, Fachbehörden und Industrie.



Abb. 9: Unterweisung polnischer Studierender während eines Austauschpraktikums in Freiberg

Institut für Bergbau und Spezialtiefbau

Die »Bergbaukunst« gehört zu den frühen Ausbildungsrichtungen an der TU Bergakademie Freiberg. Zunächst wurde sie ab 1768 durch die Professoren für Mineralogie 1768–1771 von Christian Hieronymus Lommer und 1776–1817 von Abraham Gottlob Werner, zwischenzeitlich (1772–1774) auch vom Markscheider Carl Ernst Richter gelesen. 1779 führte Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier die »Lehre vom Wetterzuge« ein. Mit dem von Friedrich Wilhelm von Opper bearbeiteten »Bericht vom Bergbau« wurde 1772 das bis dahin seit 1556 gültige Standardwerk »De re metallica« des sächsischen Renaissance-Gelehrten Georgius Agricola als Lehrbuch abgelöst.

Mit Karl Adamus Kühn (1783–1848) wurde 1818 der erste Professor für Bergbaukunst und Geognosie berufen (Geognosie ist die frühe Bezeichnung für Geologie). Ihm folgten 1835 Moritz Ferdinand Gätzschnann (1800–1895, Professor für Bergbaukunde), 1871 Karl Gustav Kreischer (1833–1891, Professor für Bergbau- und Aufbereitungskunde), 1891 Emil Treptow (1854–1935, Professor für Bergbaukunde, Aufbereitung und Brikettieren) und 1918–1941 sowie 1945–1950 Karl Kegel (1876–1959, Professor für Bergbaukunde, Bergwirtschaft und Brikettieren). Von 1941 bis 1945 vertraten Herbert Wöhlbier (1902–1997), von 1949 bis 1952 Otto Fleischer (1901–1989) und von 1946 bis 1953 Georg Spackeler (1883–1960) die Bergbaukunde.

Erfolgte die Ausbildung in der Bergbaukunde zunächst mit dem Schwerpunkt Erzbergbau, gewannen ab 1870 der Steinkohlentiefbau und ab 1900 der Braunkohlenbergbau größere Bedeutung. 1919 führte Kegel eine Vorlesung über Braunkohlenbergbau ein. Dr. Alfred Ohnesorge (1890–1962) las ab 1926 die Gewinnung von Steinen und Erden und ab 1929 die Tagebautechnik. Mit Spackeler wurde in Freiberg, nun im geteilten Deutschland, auch der Kali- und Salzbergbau etabliert; später kam dann der Uranerzbergbau dazu.

Im Jahr 1953 wurden das bundes- und fast auch weltweit erste Institut und die Professur für Tagebaukunde unter der Leitung von Helmut Härtig (1902–1997) aufgebaut. 1956 folgte die Berufung von Hans Matschak (1901–1979) für das Fachgebiet Bergmännische Wasserwirtschaft und Bodenmechanik. 1979 stiftete

Härtig, zwischenzeitlich auch Rektor der Bergakademie (1957–1959) und später Ehrensator und Ehrenbürger der Stadt Freiberg, einen nach ihm benannten »Wissenschaftspreis für Studenten des Instituts für Tagebau«, der von 1980 bis heute für besondere fachliche Leistungen vergeben wird. In Würdigung seiner Aufbauleistung trägt das 1956 in Betrieb genommene Tagebautechnikum seit 2006 den Namen Helmut-Härtig-Bau. 1966 übernahm Klaus Strzodka (1927–2005) die Professur für Bergmännische Wasserwirtschaft und Tagebaukunde (Rektor 1976–1982), 1976 sekundiert durch Richard Steinmetz (Professor für Entwurfsprozesse und Tagebauprojektierung). Bis 1990 hatten über 1000 Studenten den Studiengang Tagebautechnik absolviert. Nach Vertretung der Professur durch Richard Steinmetz und Norbert Piatkowiak wurde 1999 Carsten Drebenstedt auf die Professur Bergbau-Tagebau berufen.

Ebenfalls 1953 etablierten sich unter Otto Schubert (1895–1969) das Institut und die gleichnamige Professur für Bergbaukunde/Tiefbau, 1954 verstärkt durch Werner Gimm (1917–1977), der 1969 zur Geomechanik umberufen wurde. 1961 folgte Hans Jendersie (1915–2003) auf die Professur für Bergbaukunde (ab 1969 Bergbaukunde-Tiefbau), im gleichen Jahr verstärkt durch Lothar Neuber (1928–1973, Versatzwirtschaft). 1979 übernahm Wolfgang Dietze (1924–2009) die Professur für Bergbautechnologie und Projektierung und 1980 Horst Gerhard die Professur Bergbau-Tiefbau. Von 1992 bis 2003 wurde eine Professur Entsorgungs- und Sanierungsbergbau durch Peter Sitz (1938–2013) besetzt. Auf die Professur Bergbau-Tiefbau folgten 2001 Christian Buhrow und 2011 Helmut Mischo (Professur für Rohstoff-

abbau und Spezialverfahren unter Tage). Im Zeitraum 2008–2011 wurden die Aufgaben dieser Professur durch Carsten Drebenstedt wahrgenommen und durch Egon Fahning vertreten.

Nachdem das Image des Bergbaus in Deutschland und Europa gegen Ende des 20. Jahrhunderts einen Tiefpunkt erreicht hatte und – dadurch bedingt – Studenten und Forschungsaufträge ausblieben, wurden 1993 die Institute für Tagebau und Bergbau-Tiefbau zum Institut für Bergbau vereint. Mit der Neubesetzung der Professuren für Erdbau und kommunalen Tiefbau (seit 2000 Erdbau und Spezialtiefbau) durch Wolfram Kudla und für Baukonstruktion und Massivbau durch Frank Dahlhaus im Jahr 2000 wurde das Profil des Instituts auf angrenzende Bereiche erweitert. 2004 wurde schließlich das Institut für Bergbau und Spezialtiefbau mit den heutigen Professuren für Bergbau-Tagebau, Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage, Erdbau und Spezialtiefbau sowie Baukonstruktion und Massivbau etabliert.

Des Weiteren wurden 2001 eine Honorarprofessur für Bergbausicherheit und rechtliche Genehmigungsverfahren sowie in den folgenden Jahren Gastprofessuren für Technologie Spat- und Erzbergbau unter Tage (Egon Fahning seit 2012), Sanierungsbergbau (Dietmar Griebel (1953–2014, Gastprofessor 2011–2014) und Braunkohlesanierung (Mahmut Kuyumcu, seit 2012) eingerichtet.

Mit der Bergbausanierung wurde weltweit erstmals die Verantwortung für die Bergbaufolgen als Lehr- und Forschungsgebiet im Bergbau etabliert.

Die Ausbildung der Studierenden der Studienrichtungen Bergbau und Spezialtiefbau des Diplomstudiengangs Geotechnik und Bergbau ist ein wesent-



Abb. 10: Großversuchsstand zur Untersuchung von HDD (Horizontal-Directional-Drilling)-Brunnen



Abb. 11: Technikums-Schneidversuchsstand für Böden und Gestein zur Optimierung des Schneidprozesses

licher Bestandteil der Lehraufgaben des Instituts. Die Zahl der Studienanfänger in diesem Studiengang hat sich in den letzten Jahren auf hohem Niveau stabilisiert und liegt bei durchschnittlich etwa 100 Neueinschreibungen pro Jahr. Weiterhin wird seit 2010 der englischsprachige Masterstudiengang *Sustainable Mining and Remediation Management (MoRe)* als bundesweit erster seiner Art angeboten. Dieser Studiengang betrifft den Bereich des umweltschonenden Bergbaus, der Bergbausanierung und der Revitalisierung von Industriebrachen. Das Ziel des Studiums im 2012 eingerichteten internationalen Studiengang *Advanced Mineral Resources Development (joint triple Degree)* besteht im Erwerb von Wissen und Kompetenzen zur Entwicklung nachhaltiger und umweltverträglicher Methoden im Bergbau und zur Bergbausanierung unter betriebswirtschaftlichen Aspekten. Die Grundlage dafür ist ein internationales englischsprachiges Studium an den drei Partnerhochschulen TU Bergakademie Freiberg (Deutschland), Montanuniversität Leoben (Österreich) und Nationale Bergbau-Universität Dnepropetrowsk (Ukraine). Jede Universität bringt ihre besonderen Stärken ein und verleiht den jeweiligen nationalen Abschluss.

Die Forschungsleistungen des Instituts spiegeln sich in zahlreichen Veröffentlichungen, Büchern und Schriften, in der Durchführung wissenschaftlicher Veranstaltungen sowie in Drittmittel- und Weiterbildungsprojekten im Umfang von zuletzt ca. 2 Mio. €/a wider. Im Mittel werden drei Promotionen pro Jahr abgeschlossen. Zu den Forschungsschwerpunkten im Fachbereich Bergbau zählen u. a. die Betriebsoptimierung im

Tage- und im untertägigen Bergbau, die computergestützte Bergbauplanung, die Bergbaufolgen, die Entwicklung von Füllstoffen für Schächte und Strecken in einem Endlager, Entwässerungsverfahren sowie die Lagerstättenoptimierung.

Zur Professur Bergbau-Tagebau gehören die Arbeitsgruppen Bergbauplanung (u. a. Modellierung, Simulation, Visualisierung, Nutzung von Expertensystemen und Künstlicher Intelligenz, Umweltbilanzierung und wirtschaftliche Bewertung von Bergbauprozessen), Bergbautechnik (u. a. HDD-Entwässerung, Sprengtechnik, selektive Gewinnung) und Bergbauliche Wasserwirtschaft (u. a. Charakterisierung, Vermeidung von Verunreinigungen und Behandlung von Bergbauwasser, Sauerwassermanagement).

Die Schwerpunkte im Spezialtiefbau liegen u. a. in den Bereichen Entwicklung von langzeitstabilen geotechnischen Verschlussbauwerken für untertägige Versatzbergwerke, Untertagedeponien und Endlagern im Steinsalz und im Carnallit, Bodenverflüssigung und Sackungen in flachwelligen Kippenbereichen, Entwicklung schwimmender Tragstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen und Entwicklung textildbewehrter Leichtbauschalen in ressourceneffizienter Beton-GFK-Verbundbauweise für organisch geformte Innen- und Außenhüllen von Bauwerken.

Institut für Geologie

Bereits Abraham Gottlob Werner hielt Vorlesungen über »mineralogische Geographie von Deutschland« und Sachsen, »Gebirgslehre« (zunächst unter dem Namen Geognosie) und Versteine-

rungslehre. Von 1817 bis 1835 war Karl Amandus Kühn (1783–1848) Professor für Geognosie und Bergbaukunst. Ihm folgten Carl Friedrich Naumann (1797–1873), Bernhard von Cotta (1808–1879), Alfred Wilhelm Stelzner (1840–1895), Richard Beck (1858–1919), Otto Stutzer (1881–1936), Friedrich Schumacher (1884–1975) und Rudolf Schreiter (1885–1948), wobei die Fachgebietsprofile etwas variierten.

Das Institut für Geologie wurde mit dem Neubau des Campus der Bergakademie an der Leipziger Straße Ende 1957 aus dem Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre »ausgegründet«. Die Institutsleitung übernahm bis 1972 Adolph Watznauer (1907–1990, Professor für Petrographie und Geologie). Hermann Schwanecke (1889–1974) vertrat die Allgemeine Geologie, Günter Viète (1920–1974) die Quartärgeologie und Arno Herrmann Müller die Paläontologie.

Mit der Hochschulreform 1968 ging das Geologische Institut in der Sektion Geowissenschaften an der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Bergakademie auf. Zum Bereich »Geologie« gehörte in dieser Sektion neben den Grundlagen-Fächern auch der angewandte Bereich des Lehrstuhls für Hydrogeologie, 1967–1976 vertreten durch Gerald Milde und von 1977 bis 1992 durch Hanspeter Jordan. Der andere angewandte Bereich ging aus dem traditionsreichen Institut für Brennstoffgeologie (erster Direktor: Otto Stutzer) hervor. Die Entwicklung der Professur für »Geologie von Erdöl, Erdgas und Kohlen« wurde geprägt durch Rudolf Meinhold (1911–1999) im Zeitraum 1968–1975, Dozent Herbert Pätz (1935–1993) 1973–1981 und durch Rainer Vulpus in den Jahren 1984–1992. Die Professur für »Kohlengologie und Paläobotanik« war 1960–1981 mit Gerhard Roselt (1915–2000) besetzt.

Die Ausbildung und Forschung am Bereich Geologie war in den 1970er- und 80er-Jahren vorwiegend durch den Bedarf der Volkswirtschaft der DDR geprägt. Schwerpunkte waren die Grundlagenforschungen zu den paläomesozoischen Sedimentationsräumen im Norden der DDR (Eisen-, Erdöl- und Erdgas-Vorkommen), Lithostratigraphie, Metamorphose und Tektonik der metamorphen Einheiten des Erz- und des Granulitgebirges sowie Kohlenpetrographie und -geologie (Braunkohlenvorkommen).

Roland Wienholz (1930–1992) las



Abb. 12: Humboldt-Bau 2013, davor Gesteinsblock mit Spuren fossiler Lebewesen (Metasequoia)

in den 1970er- und 80er-Jahren die Allgemeine Geologie und war langjähriger Direktor der Sektion Geowissenschaften. Arno Herrmann Müller und Jörg Schneider begründeten 1958–1981 bzw. 1982–2014 eine paläontologisch-biostratigraphische Schule, die auf Grund ihrer breiten fachlichen Aufstellung heute einen über die Grenzen Deutschlands hinausreichenden Ruf hat. Joachim Hofmann vertrat die Strukturgeologie und gleichzeitig mit der Antarktisgeologie (in Zusammenarbeit mit dem ZIPE Potsdam) einen der exotischen Forschungsbereiche. Dozent Karl-Armin Tröger lehrte als anerkannter Kreide-Spezialist die Stratigraphie. Dr. Manfred Kurze und Dr. Gerhard Mathé (1938–1994) waren in der Tradition von Prof. Adolph Watznauer für Sediment- und metamorphe Petrographie verantwortlich. Neu waren in den 1980er-Jahren die Einrichtung einer Dozentur für Mathematische Geologie sowie das Lehrangebot für Satelliten-Fernerkundung. Der ehemalige Direktor des Zentralinstituts für Geologie Berlin, Karl Schmidt, vermittelte als Professor für Regionale Geologie Zusammenhänge zwischen Regionaler Geologie und Rohstoffvorkommen auf Grundlage damals aktueller Forschungen.

Die Wiedervereinigung Deutschlands war mit einer Neustrukturierung der Bergakademie verbunden. Im Zuge dessen wurde die Sektion Geowissenschaften als bis dahin existentes Großinstitut wieder in Einzelinstitute aufgelöst. Nunmehr lehrten ab 1991 Karl-Armin Trö-

ger (Allgemeine Geologie), Jörg Schneider (Paläontologie), Joachim Hofmann (Tektonik, Regionale Geologie, Fernerkundung), Hanspeter Jordan (Hydrogeologie), Jürgen Pilz (Mathematische Geologie) und Rainer Vulpis (Kohlengeologie). Vor allem der Bereich Kohlengeologie musste in der Folgezeit einen personellen Aderlass überstehen, der zu spürbaren fachlichen Verlusten führte. Der Bereich Geowissenschaften in Freiberg galt in dieser Zeit als einer der stärksten in Deutschland, was nicht zuletzt in der dann jahrelangen Förderung der Freiburger Universitätsbibliothek als Schwerpunkt-Sammlung der Bundesrepublik für geowissenschaftliche Literatur durch die DFG seinen Ausdruck fand.

Bei den Professuren vollzog sich in den 1990er-Jahren ein Generationswechsel. Die Labore wurden mit Hilfe von Bundes- und Landesmitteln (HBFG) modern ausgerüstet, so dass das Institut heute zu den gut ausgestatteten geowissenschaftlichen Instituten Deutschlands zählt. Regional gesehen, verteilen sich die Forschungsprojekte auf fast alle Kontinente.

Broder Merkel vertritt seit 1993 die Fachgebiete Hydrogeologie, Hydrologie und Hydrogeochemie. Schwerpunkte seiner Forschung sind geothermale Grundwasser-Systeme, die In-situ-Lösung von Erzen, Bergbauwässer und ihre nachhaltige Behandlung, anorganische und organische Wasserchemie sowie die Modellierung von Grundwasserflüssen und der in ihnen ablaufenden chemischen

Reaktionen. Die Hydrologie wird von PD Dr. Volkmar Dunger abgedeckt. Regionale Schwerpunkte der Forschung sind Mitteleuropa und der Nahe Osten. Von 1994 bis 2014 leitete Broder Merkel das Institut als geschäftsführender Direktor.

Jürgen Pilz nahm 1994 einen Ruf an die Universität Klagenfurt an. Für ihn wurde 1997 Helmut Schaaben als Professor für Mathematische Geologie und Geoinformatik berufen. Dessen Forschungsschwerpunkte liegen bei den mathematischen Methoden zur Strukturanalyse sowie auf dem Gebiet der Anwendung von 3D-GIS zur Visualisierung und Modellierung von geowissenschaftlichen Daten. Schaaben wechselte 2010 zum Institut für Geophysik an der TU Bergakademie Freiberg.

Im Jahr 1999 erfolgte die Berufung von Lothar Ratschbacher für Tektonik und Regionale Geologie. Die Forschung ist nun fokussiert auf Tektonik, tektonische Geomorphologie und Geochronologie orogener Prozesse in der Lithosphäre orogener Gürtel. Dazu wurde eine moderne thermochronologische Analytik aufgebaut. Regionale Schwerpunkte der Forschung sind Zentralasien, die Karibik (Klaus Stanek) und die Varisziden Europas (PD Dr. Uwe Kroner). 2003 wurde eine Junior-Professur für Fernerkundung für sechs Jahre eingerichtet; ihr Inhaber, Dr. Richard Gloaguen, wechselte 2013 zum Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie.

Die Professur für Allgemeine Geologie und Historische Geologie wurde 2000



Abb. 13: Wasserchemisches Labor des Bereichs Hydrogeologie in der Laborhalle

von Christoph Breitzkreuz übernommen. Forschungsschwerpunkte sind die Struktur und Dynamik von vulkanischen Zentren – sowohl in Mitteleuropa als auch im andinen Bereich Südamerikas sowie in Nordafrika, ferner die Genese klastischer Sedimente.

Der Bereich der Paläontologie/Stratigraphie wird seit 1992 von Prof. Jörg Schneider geleitet. Die Forschung ist hier fokussiert auf paläobiologische Grundlagenforschung und angewandte Paläontologie/Stratigraphie für Explorationsfirmen, Landesämter und Consulting-Firmen. Wichtige Arbeitsgebiete sind lokale bis globale Korrelationen, Environment- und Prozessanalysen. Die Mikropaläontologie/Paläoökologie wird im Sinne einer angewandten Mikropaläontologie seit 2011 durch Olaf Elicki wahrgenommen.

Der Bereich Brennstoffgeologie wird seit 2002 durch Norbert Volkmann vertreten, der sich vorrangig mit Organischer Petrologie beschäftigt.

Gegenwärtig sind die Arbeitsräume und Labors des Instituts im Humboldt- und im Meißer-Bau sowie im dort angeschlossenen Laborgebäude verteilt. Das Laborgebäude wurde 2001 rekonstruiert und bietet heute eine moderne Infrastruktur für Forschung und Lehre, vor allem in den Bereichen Hydrogeologie/Geoökologie und Geochronologie.

Das Institut für Geologie bietet neben den Bachelorstudiengängen Geologie/Mineralogie und Geoökologie weiterführende Masterprogramme in Geowissenschaften und Geoökologie sowie ein spezialisiertes internationales Masterstudium an. Die Studentenzahlen der Bachelorstudiengänge haben sich in den letzten Jahren zwischen 50 und 80 Neueinschreibungen eingependelt; jährlich verlassen etwa 30 bis 40 Absolventen mit einem erfolgreichen Masterab-

schluss das Haus. Die Belastung des Lehrpersonals ist sehr hoch und verlangt ein überdurchschnittliches Engagement der Lehrenden.

In den nächsten sieben Jahren wird es einen Generationswechsel am Geologischen Institut geben. Das bietet der Universitätsleitung und der Landesregierung die Chance, durch gezielte Neuberufungen (nicht nur am Geologischen Institut) einen geowissenschaftlichen Hochtechnologiebereich aufzubauen und damit den internationalen Ruf der Freiburger Geowissenschaften als ein wesentliches Standbein der TU Bergakademie Freiberg zu erhalten und zu festigen.

Institut für Geophysik und Geoinformatik

Die Anfänge geophysikalischer Untersuchungen in Freiberg gehen auf Ferdinand Reich zurück, der 1827–1860 als Professor für Physik an der Bergakademie wirkte. Vorlesungen über Geophysik wurden seit 1925 am Radiuminstitut gehalten. 1940 wurde das Institut für Angewandte Geophysik (Direktor: Otto Meißer), 1951 das Institut für Theoretische Physik und Geophysik gegründet (Direktor: Wolfgang Buchheim). 1964 konnte der Neubau »Geophysikalische Institute« in der Gustav-Zeuner-Straße bezogen werden, den man 1979 in Otto-Meißer-Bau umbenannte. Die mit Gründung der beiden geophysikalischen Institute vorgezeichneten Forschungslinien waren sowohl auf die Theorie als auch auf deren Anwendungen orientiert. Die Anwendungen der Geophysik waren auf die Bearbeitung von Problemen im Ingenieurbau und im Bergbau, auf die Erkundung einheimischer Rohstoffe sowie auf die Erforschung des tieferen Untergrunds bis hin zu Untersuchungen der Bewegungen des Erdkörpers (Geodynamik) gerichtet. Vertieft wurde das Forschungsprofil durch

theoretische Arbeiten zur Interpretation geophysikalischer Messungen sowie zur Petrophysik und zur Bohrlochgeophysik. Über Jahre hinweg hatte hier die geophysikalische Geräteentwicklung einen besonderen Stellenwert. Die genannten Anwendungsgebiete haben sich im Wesentlichen bis heute erhalten, wobei zunehmend auch Probleme der Umweltforschung und der Archäologie in den Blickpunkt rückten. Heute dominieren computergestützte Arbeiten aus der numerischen Mathematik und der Informatik die methodische Seite der Forschung.

In den 1960er-Jahren wurde die Ausbildung ebenso wie die Forschung ständig nach Maßgabe der praktischen Entwicklungstendenzen der Geophysik weiterentwickelt, was nicht zuletzt in der Einrichtung neuer Lehrstühle in der Mitte dieses Jahrzehnts zum Ausdruck kam. Die vom Institut für Geophysik geleistete Lehrtätigkeit war nicht nur auf Geophysikstudenten, sondern auch auf Studierende in den (anderen) geo- und montanwissenschaftlichen Fachrichtungen ausgerichtet. Das auf dem Gelände der Grube »Alte Elisabeth« in den 1950er-Jahren eingerichtete geophysikalische Praktikum wurde zum Untertage-Praktikum im Bergwerk »Reiche Zeche« ausgebaut. Das Forschungsprofil am Institut für Angewandte Geophysik ging in seinen Grundzügen auf Otto Meißer zurück und wurde auch unter Berücksichtigung der jeweils aktuellen wirtschaftspolitischen Anforderungen im Laufe der Jahre ausgebaut und ergänzt. Das breite Forschungsspektrum in der Ingenieurgeophysik umfasste Erschütterungsmessungen, Setzungs- und Neigungsmessungen, Messungen horizontaler und vertikaler Verschiebungen sowie seismoakustische Messungen und war auch auf Baugrunduntersuchungen einschließlich Hohlraumortung, Kennwertbestimmung *in situ*

und Untersuchungen zur Standsicherheit von Großbauwerken ausgerichtet.

Die Arbeiten zur Bergbaugeophysik zielten in erster Linie auf die Sicherung der Betriebsführung im untertägigen Erz- und Salzbergbau sowie im Braunkohletagebau, die Standsicherheit von Abraumkippen eingeschlossen.

Die Beiträge zur Prospektionsgeophysik galten vorrangig der Erkundung nutzbarer mineralischer Rohstoffe bis hin zur Erdöl- und Erdgaserkundung. Schwerpunkte in der Tiefenerkundung waren die Tiefenseismik (Bearbeitung eines Teilstücks des internationalen tiefenseismischen Profils VI), die Magnetotellurik (Interpretation der Norddeutsch-Polnischen Leitfähigkeitsanomalie) und die Geothermie (Wärmefluss- und Wärmeleitfähigkeitsmessungen).

Arbeitsrichtungen in der Petro- und in der Bohrlochgeophysik waren Untersuchungen zur Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in Lockerböden, die Ermittlung von Längswiderständen aus Resultaten elektrischer Bohrlochmessungen sowie die Bestimmung elastischer Gesteinseigenschaften durch akustische Bohrlochmessungen. In der Umweltforschung wurden Beiträge zur geothermischen Energiegewinnung sowie zur Deponie- und Altlastenproblematik erbracht.

Theoretische Untersuchungen zur Interpretation geophysikalischer Messungen führten zu neuen Filterverfahren in der Seismik und bei den Potenzialmethoden zur numerischen Modellierung dreidimensionaler Untergrundstrukturen sowie zur inversen Rekonstruktion der räumlichen Verteilung von Materialparametern aus Messergebnissen.

Bei der Bearbeitung der genannten Aufgaben kamen in zunehmendem Maße nicht nur die klassischen geophysikalischen Methoden zum Einsatz. Es wurden neue Verfahren eingeführt und teilweise methodisch sowie apparativ weiterentwickelt. Als Beispiele seien die Magnetotellurik, das Strainseismometer und das Drahttextensometer, die Vibrationsseismik, die Radonmethode, die Infrarot-Temperaturmessung, die VLF-Methode, die Elektromagnetik im Frequenz- und Zeitbereich, die Multielektroden-Geoelektrik sowie das Georadar genannt.

Die am Institut für Theoretische Physik und Geophysik unter Leitung von Wolfgang Buchheim betriebene Forschung bezog sich auf Druckmessungen mittels Schallwellen in unmittelbarer

Umgebung bergbaulich geschaffener Hohlräume, auf theoretische Probleme der Gebirgsmechanik (Inelastizität der Gesteine) sowie auf die Gezeiten der festen Erde (Einrichtung untertägiger Beobachtungsstationen in Berggießhübel und Tiefenort). Arbeiten zur Theorie und Praxis der induzierten Polarisation mit Wechselstrom erlangten für die Erkundung von Sulfiderzen internationale Bedeutung und wurden schließlich auch für die Abgrenzung poröser, mit wässrigen Lösungen gefüllter Festkörper im Kalibergbau angewendet. Nachdem Otto Meißer 1966 in den Ruhestand versetzt war, übernahm Heinz Militzer seine Nachfolge als Leiter des Instituts für Angewandte Geophysik. Weitere Professuren wurden geschaffen. Im Jahre 1968 erfolgte die Berufung von Gottfried Porstendorfer (1929–2001) und 1978 die von Rolf Rösler (1929–1991) zu ordentlichen Professoren. Mit der 3. Hochschulreform im Jahr 1968 waren einschneidende Veränderungen an der Bergakademie Freiberg verbunden: Die Institute wurden aufgelöst, es wurden größere Strukturen, sog. Sektionen, gebildet. Unterstrukturen waren zunächst Arbeitsgruppen, ab 1974 Wissenschaftsbereiche. Das Institut für Theoretische Physik und Geophysik wurde in die Sektion Physik eingegliedert und ist somit das Gründungsinstitut der heutigen theoretischen Physik in Freiberg. Leiter des Bereichs Theoretische Physik war Wolfgang Buchheim bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1975. Das Institut für Angewandte Geophysik wurde in die Sektion Geowissenschaften eingegliedert.

Der Wissenschaftsbereich Angewandte Geophysik wurde 1991 zum Institut für Geophysik umgebildet. Institutsdirektor wurde Christian Oelsner. Im Sommer 1992 wurden im Zuge der Neuordnung der Hochschullandschaft die Berufungsverfahren für drei Professuren neuen Rechts abgeschlossen. Oelsner wurde zum Professor für Ingenieur- und Umweltgeophysik, Bernhard Forkmann zum Professor für Prospektionsgeophysik und Harald Lindner zum Professor für Petrophysik und Bohrlochgeophysik berufen.

Durch die Übernahme des Seismologischen Observatoriums Berggießhübel im Jahr 1994 sowie durch ein seismologisches Monitoring im Gebiet Erzgebirge/Vogtland wurde auch die Erdbebenforschung wieder zum Arbeitsgebiet.

Im Jahr 2000 trat Klaus Spitzer die Nachfolge Christian Oelsners als Profes-

sor für Ingenieur- und Umweltgeophysik an und legte den inhaltlichen Schwerpunkt auf numerische Methoden in den elektrischen und elektromagnetischen Verfahren.

Im April 2006 übernahm Thomas Bohlen von der Universität Kiel die Nachfolge Forkmanns als Professor für Prospektionsgeophysik. Sein Schwerpunkt waren die numerischen Simulationsverfahren in der Seismik. Damit erfuhr das Forschungsprofil des Instituts eine wesentliche Änderung. Zielgebiet der Forschung in den beiden fundamentalen Bereichen elastische Wellen und elektromagnetische Felder war nach wie vor die Angewandte Geophysik. Die Forschungsschwerpunkte beruhen seither jedoch auf numerischen Computersimulations- und Inversionsverfahren. Der zentrale Begriff für diese Forschung ist bis heute die anwendungsorientierte Grundlagenforschung. Damit wurden die beiden durch Otto Meißer und Wolfgang Buchheim begründeten historischen Linien der Angewandten und Theoretischen Geophysik im Institut für Geophysik zusammengeführt und durch moderne, elektronische Hilfsmittel unserer Zeit erweitert und ergänzt.

Im Zuge des Bologna-Prozesses begann im Jahre 2006 eine bedeutende Umstrukturierung der Lehre. Der Diplomstudiengang Geophysik wurde durch einen zweigliedrigen Bachelor-/Master-Studiengang ersetzt. Der Bachelorstudiengang wurde zum BSc-Studiengang in Geoinformatik und Geophysik erweitert und im Wintersemester 2006/07 zum ersten Mal angeboten. Die Neueinschreibungszahlen waren mit 35 Immatrikulationen die höchsten seit Bestehen des Instituts.

Stefan Buske von der FU Berlin wurde 2010 als Nachfolger Thomas Bohlens zum Professor für Angewandte Geophysik/Prospektionsgeophysik mit dem Schwerpunkt Numerik elastischer Wellenverfahren berufen.

Helmut Schaeben, Professor für Mathematische Geologie und Geoinformatik, trat dem Institut für Geophysik ebenfalls im Jahr 2010 bei, so dass das neue Institut für Geophysik und Geoinformatik gegründet werden konnte. Das Konzept, das seinen Ausgangspunkt in der Lehre durch das Angebot eines gemeinsamen BSc-Studiengangs hatte und Geophysik und Geoinformatik vereinte, war nun auch strukturell als Organisationseinheit innerhalb der Fakultät in sich geschlos-



Abb. 14: Links: Seismische Feldarbeit (Transport von Geräten bei einer Messkampagne zur Erkundung der Alpenin-Verwerfung in Neuseeland). Rechts: Auswertung einer 3D-Seismik-Messung zur Erkundung eines geothermischen Reservoirs in der CAVE der TU Bergakademie Freiberg

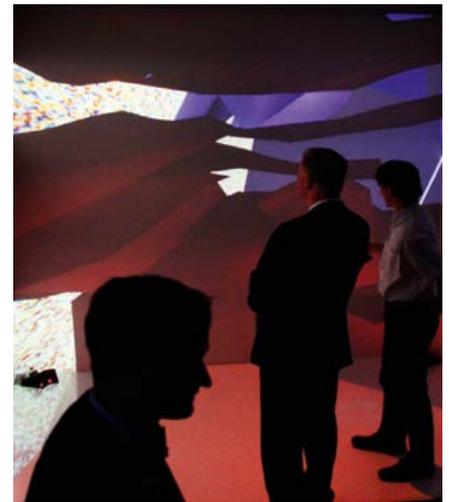
sen. Es bündelt damit den Großteil der mathematisch/physikalisch/informatischen Kräfte innerhalb der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau.

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts umfassen vor allem computergestützte Verfahren der Elektromagnetik, Seismik und Geoinformatik. Die anwendungsorientierte Grundlagenforschung in den genannten Kerngebieten ist das Fundament für zahlreiche praxisbezogene Projekte im In- und Ausland.

Die Elektromagnetik-Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Theorie und Anwendung elektromagnetischer Verfahren in der angewandten Geophysik. Mit elektromagnetischen Methoden ist man in der Lage, signifikante Informationen über Struktur und Prozesse des Erdinneren zu erhalten. Die räumlichen Skalenlängen reichen dabei von Zenti- oder Dezimetern des extrem oberflächennahen Bereichs bis zu Hunderten von Kilometern, beispielsweise bei Gebirgsstrukturen oder anderen großen geologischen Einheiten im Bereich der Erdkruste und des Erdmantels. Voraussetzung für eine elektromagnetische Erkundung ist, dass

sich die strukturellen Eigenschaften auf die elektrische Leitfähigkeit abbilden.

Das Verhalten der elektromagnetischen Felder im Bereich der klassischen Physik wird durch die Maxwell-Gleichungen, einen Satz gekoppelter partieller Differentialgleichungen, beschrieben, die für beliebige Leitfähigkeitsmodelle nur noch mit Hilfe der numerischen Mathematik gelöst werden können. Der Charakter der Felder reicht von stationären über diffusive bis hin zu Wellenzuständen, für die die Arbeitsgruppe effiziente numerische Computersimulationsmethoden auf der Basis von Finiten Differenzen und Finiten Elementen entwickelt hat. Sie sind die integralen Bestandteile der Lösung des geophysikalischen inversen Problems und somit die zentralen Werkzeuge zur Rekonstruktion und Erkundung des Untergrunds. Letzteres kann als die Kernaufgabe der angewandten Geophysik bezeichnet werden. Die Inversion geophysikalischer Daten ist ein im mathematischen Sinne schlecht gestelltes Problem, das großen interdisziplinären Forschungsbedarf von Geophysikern und numerischen Mathematikern erfordert. Deshalb besteht seit Jahren eine



enge Verbindung der Elektromagnetik-Arbeitsgruppe zum Institut für Numerische Mathematik und Optimierung der Fakultät für Mathematik und Informatik.

Die elektromagnetischen Messungen und Methoden werden landgestützt, vom Schiff oder aus der Luft mit Flugzeugen oder Helikoptern ausgeführt und in vielen Anwendungsbereichen zur Erkundung des Untergrunds eingesetzt. Die Elektromagnetik-Arbeitsgruppe kooperiert deshalb mit unterschiedlichen Anwendungspartnern in der Erz- und Kohlenwasserstoffexploration, in der Erkundung von Geothermiestandorten, Baumwurzeln und Vulkanen, im Bereich

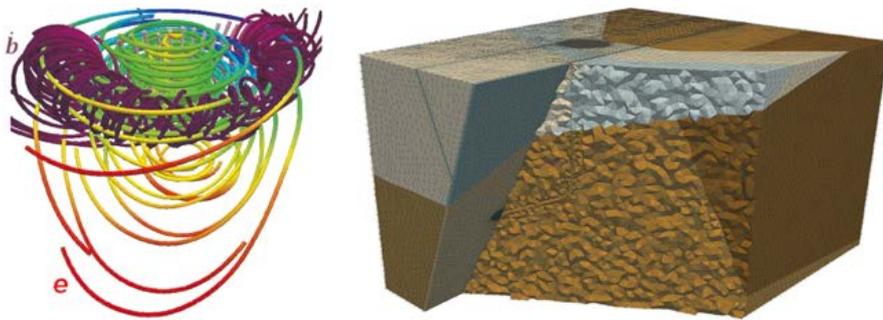


Abb. 15: Computersimulation des induzierten transientelektromagnetischen Feldes eines vertikalen magnetischen Dipsols an der Erdoberfläche 1 ms nach dessen Abschaltung (links). **e** bezeichnet die Feldlinien des elektrischen Feldes, **b** die zeitliche Ableitung der magnetischen Induktionsflussdichte. Rechts ist ein Modell der elektrischen Leitfähigkeit abgebildet, das mit Hilfe von unstrukturierten Tetraedernetzen diskretisiert wird und die geologischen Strukturen realitätsnah abbildet.

von Gashydratlagerstätten, tertiären Ölförderungstechniken, der CO₂-Sequestration und des Grundwassers, in der Archäologie, im Umweltbereich sowie bei der Erkundung terrestrischer Planeten.

Die Seismik/Seismologie-Arbeitsgruppe von Buske erforscht den Aufbau der Erdkruste mit aktiven und passiven seismischen Verfahren. Dies reicht von der Ingenieurgeophysik (Vorauserkundung im Tunnelbau und in Tiefbohrungen, etc.) über die Exploration von Kohlenwasserstoffen und mineralischen Rohstoffen sowie erneuerbaren Energien (beispielsweise Geothermie), auch im Zusammenhang mit der CO₂-Speicherung oder der Sicherheit von nuklearen Endlagern – bis hin zu der Erforschung von geodynamischen Prozessen in der Erdkruste und im oberen Erdmantel. Letzteres wird unter anderem mit zahlreichen Projekten im Rahmen von ICDP (*International Continental Drilling Program*) weltweit realisiert, vorwiegend im Hinblick auf die Untersuchung großer Störungssysteme (der Alpine-Verwerfung in Neuseeland, der San-Andreas-Verwerfung in Kalifornien etc.). Die Kombination von selbstentwickelten Abbildungs- und Prozessierungsverfahren für seismische Daten mit der Anwendung in den obengenannten Gebieten spielt dabei eine zentrale Rolle. Darüber hinaus wird das Seismologische Observatorium in Berggießhübel von dieser Arbeitsgruppe betrieben und ist wichtig für die nationale seismologische Forschung auf diesem Gebiet.

Das Alleinstellungsmerkmal der Geoinformatik an der Bergakademie Freiberg im deutschen Sprachraum ist ihre explizite Ausrichtung auf Geophysik, Geologie und Geo-Ingenieurwissenschaften mit der Vision, digitale Geomodelle als Standardkommunikationsmittel zu

etablieren. Im Fokus stehen daher die informatische Modellierung von räumlich-zeitlich indizierten multidimensionalen Geodaten für effizienten Zugriff, Analyse und Kommunikation – und die 3D-Geomodellierung des Untergrunds als Funktion der Zeit mit dem Ziel der mathematischen Modellierung und der numerischen Simulation zur Identifikation und Vorhersage relevanter Geophänomene (Geosimulation, Geowissenschaftliches Rechnen).

Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau

Das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau (IBF) wurde im Jahr 1962 gegründet. Zuvor wurde das Fachgebiet ab 1953 am Institut für Tagebaukunde vertreten. Das Institut Bohrtechnik und Fluidbergbau befasst sich mit der Aufsuchung, Erschließung, Nutzung und Speicherung fluider Rohstoffe, insbesondere von Erdöl, Erdgas und Grundwasser sowie von Erdwärme (Geothermie).

In der Anfangsphase bestand die Aufgabe des damaligen Instituts für Tiefbohrtechnik und Erdölgewinnung vor allem darin, junge Diplomingenieure für die neue Erdöl- und Erdgasindustrie der DDR auszubilden. Bis 1990 zählte man am Institut insgesamt über 300 Absolventen. Gleichzeitig nahm die Zahl der Forschungsaufträge zur Erkundung und Förderung von Kohlenwasserstoffen zu.

In den 1970er-Jahren wurde die Untergrundspeichertechnik am Institut als eigenes Wissenschaftsressort positioniert, das wesentlichen Anteil an der Vorbereitung der Untergrundgasspeicherung in der DDR hatte. Das Institut hatte sich in der Bohrtechnik insbesondere die Flach- und Schachtbohrtechnik und in der Geoströmungstechnik die nu-

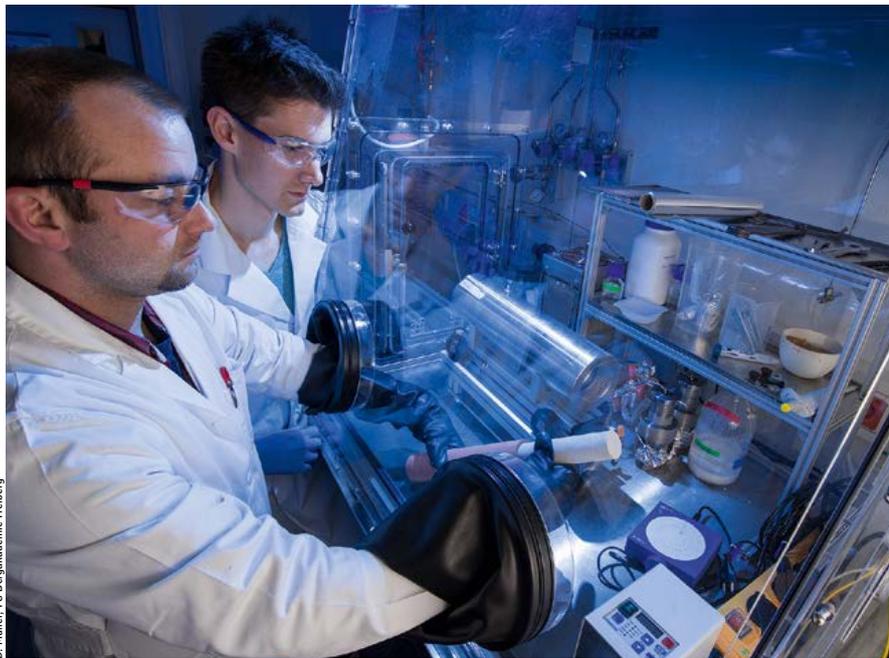
merische Simulation als Schwerpunkte gesetzt. Nach dem Zusammenbruch der DDR und einem Generationswechsel unter den Professoren wurde die umweltorientierte Professur für Boden- und Gewässerschutz am Institut sesshaft und damit die Bearbeitung ökologischer Belange gestärkt.

Das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau (IBF) der TU Bergakademie Freiberg hat sich nach einem erneuten Generationswechsel in der Professoren-schaft seit 2006 wiederum neue Ziele gesetzt und die Forschungsschwerpunkte entsprechend den veränderten wirtschaftlichen Verhältnissen verlagert. Es gliedert sich in drei Professuren: die Professur für Bohrtechnik, Spezialtiefbau-ausrüstungen und Bergbaumaschinen (Matthias Reich), die Professur für Geoströmungs-, Förder- und Speichertechnik (Moh'd M. Amro) und die Professur für Boden- und Gewässerschutz (Jürgen Schmidt).

Die fachlichen Schwerpunkte im Lehrgebiet von Matthias Reich liegen in der Richtbohrtechnik, in der Beurteilung und Weiterentwicklung alternativer Bohrverfahren (beispielsweise schlagendes Bohren, Elektro-Impuls-Verfahren) sowie in der seismischen Vorauserkundung und der Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung im Bohrloch während des Bohrprozesses. Darüber hinaus nimmt die Bearbeitung der Spülungsthematik unter Leitung von Dr. Heike Strauß seit langem einen gebührenden Platz im Institut ein.

Moh'd M. Amro bearbeitet vor allem Fragestellungen zur Erhöhung des Nutzungsgrads einer Lagerstätte (*EOR – Enhanced Oil Recovery*) sowie Stimulationsverfahren in Erdöl-, Erdgaslagerstätten und Geothermiesonden. Dazu wurden in den letzten Jahren die Laborkapazitäten deutlich erweitert – bis hin zum Ausbau eines Untertagelabors im universitätseigenen Forschungs- und Lehrbergwerk »Reiche Zeche« zur Realisierung von Versuchen mit explosionsgefährdeten Medien im Hochdruck- und Hochtemperaturbereich. 2013 konnte die Gastprofessur von Foppe Visser (Wintershall) im Bereich der EOR-Maßnahmen installiert werden.

Die Professur für Boden- und Gewässerschutz von Jürgen Schmidt beschäftigt sich außer mit Bodenkunde und Bodenphysik intensiv mit Fragestellungen der Bodenerosion als einer der Herausforderungen des klimatischen Wandels. Dieses Thema wird sowohl durch Feld-



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Abb. 16: Das Labor für Untersuchungen zur Erhöhung des Nutzungsgrads einer Lagerstätte (EOR – Enhanced Oil Recovery)

messungen mit Berechnungsanlagen als auch durch die Anwendung selbstentwickelter Simulatoren bearbeitet.

Ungeachtet der schon sehr erfreulichen Entwicklung des Instituts gibt es auch weiterhin noch große Pläne. Aufgrund der ständig steigenden Studentenzahlen und größerer Drittmittelprojekte suchen wir nach Möglichkeiten, einen eigenen, modernen Computerpool einzurichten, um eine zeitgemäße Ausbildung der Studenten mit den bereits vorhandenen komplexen Standard-Software-Paketen der Industrie zu gewährleisten. Auch stehen die Beschaffung von Großgeräten auf der Wunschliste, beispielsweise eines Bohrlochsicherheits-Simulators (Reich) und die Einrichtung eines PVT-Labors (Amro).

Das IBF kann sich heute sehr selbstbewusst unter den vergleichbaren Institutionen im europäischen Raum behaupten. Seine Kernkompetenzen liegen in den Bereichen Hartgesteinszerstörung, Datenübertragung in Bohrlöchern, laborative Untersuchungen zur Steigerung des Entölungsgrades von Lagerstätten und bei Problemen der Nutzung unkonventioneller Lagerstätten. Diesen Stand wollen wir in der Zukunft festigen und noch weiter ausbauen.

Institut für Geotechnik

Die Fachrichtung Geotechnik ist im Zuge der Umsetzung der 3. Hochschulreform im Jahr 1968 an der Bergakademie Freiberg neu geschaffen worden. Mit ihr

wurde der damaligen Entwicklung im Bergbau und im Bauwesen Rechnung getragen. Diese war durch die zunehmende Bedeutung geotechnischer Disziplinen bei der Planung und in der Betriebsführung im Bergbau sowie im Spezialtiefbau in Ostdeutschland gekennzeichnet. Somit lagen die Arbeitsfelder und Ausbildungsziele der neuen Fachrichtung außer im Bergbau auch auf Gebieten des Bauwesens, wie dem des Erd-, Grund- und Felsbaus sowie des Damm- und Verkehrsbaus, ohne damit eine eigentliche Bauingenieurausbildung zu kopieren bzw. in Frage zu stellen.

Mit der Geotechnik wurde übrigens an eine in der Öffentlichkeit weniger bekannte Freiburger Arbeits- und Ausbildungsrichtung in den 1920er- und 1930er-Jahren angeknüpft. Unter dem 1918 als Professor für Mechanik einschließlich Baustatik, Festigkeitslehre und Baukunde an die Bergakademie Freiberg berufenen Franz Kögler (1882–1939) und seinen Mitarbeitern Scheidig, Bley und Leussink war eines der deutschen Zentren des damals noch jungen Wissensgebietes Bodenmechanik, in dieser Zeit Baugrund- oder auch Grundbau-mechanik genannt, und eines der ersten Erdbaulaboratorien auf deutschem Boden entstanden. Heute hält der 1998 gegründete Verein Freiburger Geotechniker e.V. die Erinnerung an diesen Wissenschaftspionier lebendig. Er verleiht jährlich den »Franz-Kögler-Preis« – sowohl für herausragende studentische Arbei-

ten als auch für Dissertationen auf dem Gebiet der Geotechnik. Bronze-Tafeln im Institutsgebäude Gustav-Zeuner-Straße 1 zeigen ein Porträt Franz Köglers und die Namen der Preisträger.

Nach Köglers Tod 1939 kam diese Entwicklung in Freiberg einstweilen zum Erliegen. Laborausstattung und -personal wurden an die TH Dresden umgesetzt. Erst mit einem vor allem durch den 2. Weltkrieg verursachten deutlichen Zeitabstand zu Kögler konnte Hans Matschak (1901–1979) zwischen 1956 und 1966 die Bodenmechanik in Ausbildung und Praxis der Tagebautechnik fest etablieren.

Ebenso wie die Bodenmechanik konnte die 1968 neu geschaffene Fachrichtung Geotechnik an eine am Hochschulort bereits traditionsreiche Domäne anknüpfen: an die der bergmännischen Gebirgsmechanik sowie der Felsmechanik. Diese Entwicklung wurde von den Professoren Karl Kegel (zwischen 1918 und 1958), Georg Spackeler (zwischen 1945 und 1960) sowie Werner Gimm (zwischen 1954 und 1977) entscheidend geprägt.

Unter dem Begriff »Geotechnik« begann man damals – auch international – solche Fachgebiete zusammenzufassen, die bei der Vorbereitung und Ausführung von Bauwerken auf oder im Gebirge gefragt waren bzw. für den Einsatz von Materialien, die man aus anstehendem Gebirge gewinnt, von maßgeblicher Bedeutung sind.

Im September 1968 nahmen die ersten Studierenden der »Geotechnik« ihre Ausbildung an der Bergakademie Freiberg auf. Hochschulseitig wurde deren Betreuung den beiden bereits bestehenden »Lehrgruppen« Geomechanik und Bodenmechanik sowie der neu geschaffenen Lehrgruppe Ingenieurgeologie gemeinsam übertragen. Die Ingenieurgeologie war 1968 noch vergleichsweise jung an der Bergakademie. Zwar wurden seit dem Beginn der 1960er-Jahre, zunächst durch das Institut für Geologie, Gast-Lehrkräfte mit einschlägigen Lehrveranstaltungen beauftragt, doch erst 1967 wurde dann Fritz Reuter (1925–1994) zum Professor für Ingenieurgeologie berufen.

So wurde der Grundstein für ein damals außerordentlich originelles Berufsbild gelegt. Im Studium sollten zunächst die Beobachtungsgabe und das Vorstellungsvermögen eines herkömmlichen Ingenieurgeologen geschult sowie für Bergbau- und Bauingenieure relevantes

Grundwissen vermittelt werden. Im Mittelpunkt des Studienplans stand eine solide Ausbildung in praktischer Ingenieurgeologie, Bodenmechanik, Gebirgs- und Felsmechanik sowie in denjenigen Disziplinen des Bergbaus und des Bauwesens, die vorrangiges Betätigungsfeld für Geotechniker sind (Bergbau-Tagebau und -Tiefbau, Grundbau, Dammbau, Verkehrsbau, Hohlraumbau und Deponiebau).

Die Ausbildung in der Geotechnik ohne eine Differenzierung während des Fachstudiums wurde bis 1978 beibehalten. Im Übergang zum neunsemestrigen Studium für alle Ausbildungsrichtungen liegt die Erklärung dafür, dass 1979 keine Absolventen die Sektion verlassen haben. Für die Geotechnik brachte der danach in Kraft gesetzte neue Plan die Spezialisierungsmöglichkeit im Fachstudium für die Richtungen Geotechnik-Bauwesen, Geotechnik-Tiefbau und Geotechnik-Tagebau mit sich. Wegen eines ständig steigenden Absolventenbedarfs des Bergbaus musste die in Richtung Bauwesen gehende Spezialisierung nach wenigen Jahren wieder ausgesetzt werden. Damit konnte eines der Gründungsziele der Geotechnik, auch im Bauwesen an der Bergakademie Freiberg auf diesem Gebiet vertieft ausgebildete Spezialisten zur Verfügung zu haben, nur sehr eingeschränkt umgesetzt werden. Zwischen 1969 und 1990 sind etwa 700 für Geotechnik interessierte Studierwillige immatrikuliert worden, während im gleichem Zeitraum zirka 420 die Ausbildung mit einem Diplom, einige wenige als sogenannte Hochschulingenieure, abgeschlossen haben. Die bevorzugten Einsatzgebiete waren der Braunkohlentagebau, der Kali- und der Erzbergbau, Baugrundbüros, geologische Erkundungsbetriebe, Forschungsinstitutionen und Ingenieurbüros, in kleinerem Rahmen Planungsbüros, Bau- und Spezialbaubetriebe sowie Behörden. Die Geotechnikabsolventen haben sich in der Praxis bestens bewährt. Das Freiburger Ausbildungsmodell ist nach 1990 andernorts in Deutschland – in der Benennung und inhaltlich mehr oder weniger modifiziert – aufgegriffen worden.

Die Bildung des heutigen Instituts für Geotechnik wurde am 19. März 1991 vollzogen. Konzeptionell wird die Fachausbildung der Geotechniker auch heute noch von den drei »Säulen« Ingenieurgeologie, Bodenmechanik sowie Gebirgs- und Felsmechanik getragen, wenngleich die Entwicklung der jeweiligen Professu-

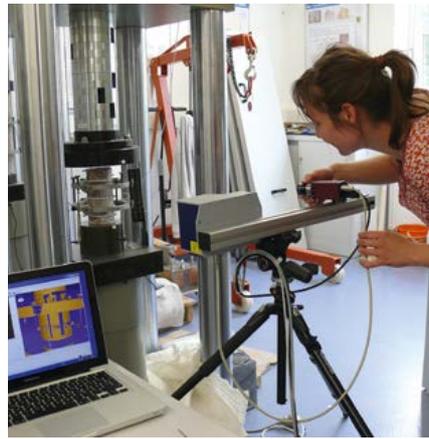


Abb. 17: Gesteinsmechanischer Laborversuch zur Charakterisierung von Deformations- und Festigkeitsverhalten

ren in den zurückliegenden Jahren recht unterschiedlich verlaufen ist:

Als Fritz Reuter 1990 in den Ruhestand trat, folgten ihm auf dem Lehrstuhl für Ingenieurgeologie unmittelbar zwei seiner ersten Doktoranden: Günter Meier (vom Wintersemester 1990/91 an für insgesamt drei Semester) und Günter Heise (in einer Vertretungsprofessur für das Studienjahr 1992/93). Auf den nunmehrigen Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Deponiebau und geotechnische Sicherungsverfahren wurde 1993 Rafiq Azzam berufen, der aber 2002 die Hochschule verließ. Seitdem ist dieser Lehrstuhl vakant – unter Beibehaltung des Fachgebiets mit einschlägigen Lehr- und Forschungsaufgaben. Forschungsschwerpunkte sind die Baugrunderkundung und die Baugrundvergütung durch Injektion.

Die Freiburger Bodenmechanik wurde 1969–1999 entscheidend durch Wolfgang Förster geprägt: 1969–1976 formell im Rahmen einer Dozentur und anschließend einer Professur für Bodenmechanik bzw. nach 1992 als Professur für Bodenmechanik, bergbauliche Geotechnik und Grundbau. Nach dem altersbedingten Ausscheiden von Förster zum Ende des Wintersemesters 1998/99 trat Herbert Klapperich in dessen »Fußstapfen« als Lehrstuhlinhaber. Forschungsfelder, die hier gegenwärtig bearbeitet werden, sind: »Interaktion Geokunststoffe und Boden« sowie »Bodenverflüssigung«.

Die Gebirgs- und Felsmechanik als 3. Säule der Freiburger Geotechnik-Ausbildung wurde zunächst von Werner Gimm, dem Inhaber eines Lehrstuhls für Geomechanik, dominiert. Ihm oblag auch die Federführung bei der allerersten Konzipierung eines Studienplans für

»Geotechniker« um 1968/69. Nach seinem Ableben im Dezember 1977 folgte ihm 1978 Dietrich Rotter (1929–1984) auf diesen Lehrstuhl.

Als Inhaber des Lehrstuhls für Geomechanik und damit als Leiter des gleichnamigen Wissenschaftsbereichs folgten danach 1985–1991 Tilo Döring (1932–2001) und ab 1991 Armin Krauß.

Im Jahr 1993 wurde für das nunmehr in »Gebirgs- und Felsmechanik/Felsbau« umgewidmete Berufungsgebiet Friedrich Heinrich (1939–2014) zum Professor berufen. Dieser übergab nach seinem Eintritt in den Ruhestand Ende 2005 den »Staffelstab« an Heinz Konietzky (bereits ein Absolvent der Fachrichtung Geotechnik). Heute liegt der methodische Schwerpunkt dieses Lehrstuhls auf dem Gebiet des Einsatzes numerischer Simulationstechniken und komplexer Laborversuche zur Lösung geomechanischer Probleme im Tunnel- und Hohlraumbau, der Tiefengeothermie – namentlich in der Grundlagenforschung, insbesondere auf dem Gebiet der Mikromechanik und der Lebensdauerprognose. Durch den kontinuierlichen Ausbau des felsmechanischen Labors und die Expertise auf dem Gebiet der numerischen Simulation hat sich der Lehrstuhl von Konietzky eine international beachtete Stellung erarbeitet, die u. a. durch Publikationen in international führenden Fachzeitschriften belegt ist.

Seit 2014 wird das Institut durch die Junior-Professur von Haibing Shao für das Gebiet *Geothermal Systems Analysis*, die gemeinsam von der TU Bergakademie und dem UFZ Leipzig ins Leben gerufen wurde, verstärkt. Eine weitere Belegung wird das Institut 2015 durch die Neubesetzung der Professur für Bodenmechanik, Grundbau und bergbauliche Geotechnik sowie die Einrichtung einer Junior-Professur für Ingenieurgeologie und Umweltgeotechnik erfahren.

Die zukünftigen Arbeiten werden sich auf den umweltschonenden Abbau von Rohstoffen, die effiziente geothermische Energienutzung, die Nachnutzung von untertägigen Hohlräumen sowie auf die Gestaltung von Bergbaufolgelandschaften sowie auf Infrastrukturprojekte konzentrieren. Unabdingbare Voraussetzung zur Erfüllung dieser Aufgaben ist der weitere Ausbau der Labore des Instituts.

Die »Geotechnik« ist gegenwärtig eine der vier Studienrichtungen innerhalb des Diplomstudiengangs »Geotechnik und Bergbau«.

Fest verankert im Ressourcenprofil der Universität

Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

Die Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik (Fakultät 4) ist aus den ehemaligen Fachbereichen Maschinen- und Energietechnik sowie Verfahrens- und Silikattechnik hervorgegangen. Sie ist heute die größte ingenieurwissenschaftliche Fakultät der Bergakademie und trägt mit einem Anteil von ca. 43 % an den Drittmitteleinnahmen der Universität in hohem Maße zur Verbesserung der Forschungsbedingungen bei. Entlang der Rohstoff-Wertschöpfungskette (außer Gewinnung) leistet die Fakultät 4 auf allen vier Profillinien (Geo, Material, Energie und Umwelt) sowohl in der Lehre als auch in der Forschung bedeutsame Beiträge.

An der Fakultät sind gegenwärtig 20 Professuren in elf Instituten angesiedelt. Ein Juniorprofessor und zwei außerplanmäßige Professoren ergänzen das Forschungsfeld der Fakultät. Mit sieben Honorar- und zwei Gastprofessoren wird in der studentischen Ausbildung die enge Verbindung von Theorie und Praxis lebendig gestaltet. Die Professuren für die ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung haben in der Lehre ein erhebliches Pensum zu bewältigen. Sie haben außerdem Lehrangebote in der Vertiefungsausbildung der Studierenden höherer Fachsemester zu realisieren.

Der Sonderforschungsbereich (SFB) 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzfiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials«, die Beteiligung im SFB 799 »Trip-Matrix-Composite – ...« und im Spitzentechnologiecluster ADDE sowie die Mitarbeit in universitären und außeruniversitären Kompetenzzentren bieten jungen Nachwuchswissenschaftlern hervorragende Möglichkeiten und waren eine wichtige Basis für die 31 (bisher höchste Zahl pro Studienjahr) 2012/13 erfolgreich abgeschlossenen Promotionen. Das 2011 fertiggestellte Technikum Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der Lampadiusstraße bietet den Wissenschaftlern der Fakultät exzellente Bedingungen für experimentelle Forschungsarbeiten. Die in Aussicht stehende Erweiterung der Anlage um zwei Bauabschnitte ist ein weiterer wichtiger Schritt bei der Installation moderner Labortechnik und leistungsstarker Versuchsanlagen für zukunftsweisende Forschungsaktivitäten der Fakultät.



Technikum der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik an der Lampadiusstraße

Professuren zur ingenieurwissenschaftlichen Grundlagenausbildung	
Bezeichnung	Studiengänge
Elektrotechnik	12 ingenieurwissenschaftl. Studiengänge
Konstruktion und Fertigung	4
Maschinenelemente	12
Steuerungs- und Regelungstechnik	10
Strömungsmechanik	9
Technische Mechanik/Dynamik	11
Technische Mechanik/Festkörpermechanik	3
Technische Thermodynamik	10

Die Studiengänge der Fakultät

Das Studienangebot der Fakultät ist am Ressourcenprofil der Universität ausgerichtet. Von der Gewinnung über die Aufbereitung, Veredelung bzw. Verarbeitung bis zum Recycling sind Studiengänge bzw. Vertiefungsrichtungen an unserer Fakultät feste Säulen der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung.

Zum Wintersemester 2007 wurden modularisierte Studiengänge (Bologna Prozess) eingeführt. Vorausgegangen war eine teilweise kontroverse Diskussion darüber, wie die Struktur der Studiengänge aussehen soll. Mehrheitlich wurde vorerst entschieden, die etablierten Diplomstudiengänge *Maschinenbau (MB)*, *Verfahrenstechnik (VT)*, *Umwelt-Enginee-*

Profilbildende Professuren	
Bezeichnung	Studiengänge
Aufbereitungsmaschinen	MB, UWE
Gas- und Wärmetechnische Anlagen	MB, ET
Gastechnik	MB, ET
Recyclingmaschinen	MB, UWE
Mechanische Verfahrenstechnik	VT, UWE
Thermische Verfahrenstechnik	VT, UWE
Energieverfahrenstechnik	VT, UWE, ET
Reaktionstechnik	VT, UWE
Numerische Thermofluidynamik	VT, CSE
Keramik	KGB
Glas	KGB
Baustofftechnik	KGB

ring (UWE), *Engineering & Computing (EC)* und *Technologiemanagement (TMA)* in jeweils einen Bachelor- und einen Masterstudiengang umzuwandeln. Nur der Studiengang *Keramik, Glas- und Baustofftechnik* blieb als Diplomstudiengang, jedoch mit modularisierter Struktur, erhalten. Als Richtlinien für die Umgestaltung dienten die Vorgaben von ASIIN e.V. (eine der vom Akkreditierungsrat geprüften Akkreditierungsagenturen) für den Bereich der Ingenieurwissenschaften sowie Eckdaten des Fakultätentags Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Ein weiteres Anliegen der Modularisierung – die Zusammenführung von Stoffgebieten in größere Einheiten – ist an der Fakultät noch nicht durchgängig gelungen.

Für alle Studiengänge wurde die Re-

Bachelorstudium, 1. bis 7. Semester

- Mathematisch-naturwissenschaftliche Module
- Fachliche Module
- Module zur exemplarischen Vertiefung
- Fachübergreifende Module
- Praktikum/Abschlussarbeit mit Kolloquium

Bachelorabschluss

Masterstudium, 1. bis 3. Semester

- Theorieorientierte fachliche Module
- Module der fachlichen Vertiefung
- Projektstudium
- Fachübergreifende Module
- Thesis

Diplomstudium: Grundstudium, 1. bis 4. Semester | Hauptstudium, 5. bis 10. Semester

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Mathematisch-naturwissenschaftliche Module• Ingenieurgrundlagen• BWL | <ul style="list-style-type: none">• Fachliche Module• Module zur ersten Vertiefung• Fachübergreifende Module• Praktikum mit großem Beleg | <ul style="list-style-type: none">• Theorieorientierte fachliche Module• Module der fachlichen Vertiefung• Projektstudium• Fachübergreifende Module• Diplomarbeit |
|--|---|---|

Regelstudienzeit insgesamt: jeweils 10 Semester

Regelstudienzeit des Bachelorstudiums (BA) einheitlich mit sieben Semestern (inklusive Fachpraktikum) und die des Masterstudiums (MA) mit drei Semestern festgelegt. In Summe beträgt die Regelstudienzeit zehn Semester. Das trifft auch für die zum Diplom führenden Studiengänge zu.

Die Fakultät ist sehr darum bemüht, die Mehrzahl der Studierenden bis zum erfolgreichen Masterabschluss zu führen. Der Bachelorabschluss ist eine Ausstiegsmöglichkeit für Studierende mit Leistungsproblemen oder in besonderen Lebenssituationen, die immerhin zur Ausübung des Ingenieurberufs in der betrieblichen Praxis befähigt.

Für den Studiengang *Keramik, Glas- und Baustofftechnik (KGB)* wurde zum Wintersemester 2009 neben dem modularisierten Diplom- zusätzlich ein dreisemestriger Masterstudiengang eingerichtet, der für Absolventen eines siebensemestrigen Bachelorstudiengangs anderer Hochschulen ein attraktives forschungsorientiertes Studienangebot mit universitärem Masterabschluss bietet.

Die Studiengänge *Maschinenbau (MB)* und *Umwelt-Engineering (UWE)* haben im Jahr 2010 viersemestrige (nach damaligem Sprachgebrauch »nicht-konsekutive«) Masterstudiengänge installiert, die Absolventen von Fachhochschulen und ausländischen Hochschulen den Zugang zu einer universitären Ausbildung ermöglichen.

Ein echtes Novum im Ausbildungsangebot der Fakultät ist der englischsprachige Masterstudiengang *Computational Material Science (CMS)*, der jährlich ca. 20 ausländische Studierende aufnimmt. Dieses Studienangebot steht in engem Zusammenhang mit dem Spitzentechnologiecluster Funktionales Strukturdesign

neuer Hochleistungswerkstoffe durch Atomares Design und Defekt-Engineering (ADDE).

Wegen zu geringer Studienanfängerzahlen in den Bachelorrichtungen *Engineering & Computing* sowie *Technology-management* wurde 2011 entschieden, die Immatrikulation in diese Studiengänge einzustellen. Damit wurde Kapazität frei für den neuen Studiengang *Energetechnik (ET)*, der die energierelevanten Studieninhalte aus dem Maschinenbau, der Verfahrenstechnik und dem Umwelt-Engineering bündelt und die elektrotechnische Komponente in der energietechnischen Ausbildung stärkt.

Mit dem Ziel, zusätzliche Studienanfänger für unsere Fakultät zu gewinnen, wurde Anfang 2013 beschlossen, in der Verfahrenstechnik und im Maschinenbau auch wieder Diplomstudiengänge anzubieten, da der Diplomabschluss nach wie vor in der Industrie hohes Ansehen genießt. In der Verfahrenstechnik wurde diese Gelegenheit genutzt, eine weitere Studienrichtung aufzunehmen und das übrige Modulangebot zu aktualisieren. Im Maschinenbau wurde das Lehrangebot aus dem Bachelor- und Masterstudium übernommen, wobei das Fachpraktikum im 7. Semester von 14 Wochen im Bachelor-Abschnitt auf 20 Wochen im Diplom-Studiengang verlängert wurde, was im Interesse vieler Industriepartner liegt.

Zum Wintersemester 2014 hat die Ausbildung im Studiengang *Computational Science and Engineering (CSE)*, (Wissenschaftliches Rechnen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften), einem gemeinsam mit der TU Dresden eingerichteten Studiengang, begonnen. Hier sollen Spezialisten für die Simulation anspruchsvoller ingenieurtechnischer Anwendungen ausgebildet werden. Damit existieren aktuell



Studiengänge an der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Energietechnik
BA = Bachelor, MA = Master, D = Diplom

für die Studiengänge der Fakultät 17 (!) aktive und zwei auslaufende Prüfungs- und Studienordnungen, die durch die Fakultät zu betreuen sind. Dies ist mit erheblichem organisatorischen Aufwand verbunden.

Mit der bevorstehenden Neuberufung von Professoren sowie hochschulpolitischen Entscheidungen wird sich die Fakultät auf die weitere Umstrukturierung und Aktualisierung des Studienangebots einstellen. Es besteht der feste Wille, dieses an der Wertschöpfungskette ausgerichtete Angebot beizubehalten und, sofern es die personellen Ressourcen zulassen, um einschlägige moderne Masterstudiengänge zu ergänzen.

Die Absolventen der Master- und Diplomstudiengänge verfügen dank der forschungsorientierten Ausbildung über vertiefte analytisch-methodische und fachliche Kompetenzen und sind somit für eine Berufstätigkeit in Forschung und Entwicklung besonders gut vorbereitet. Sie haben daher universelle Einsatzmöglichkeiten in Forschungseinrichtungen, Großbetrieben, klein- und mittelständischen Unternehmen sowie Behörden. Dank interessanter Vertiefungsmöglichkeiten und frühzeitiger Mitwirkung an Forschungsprojekten der Institute bieten sich den Absolventen der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Energietechnik exzellente Perspektiven für ihren Berufseinstieg.

Das hohe Ansehen unserer Ausbildung zeigt sich auch an der Möglichkeit der Vergabe von Zusatzzertifikaten, die gemeinsam mit dem DVGW (»Ingenieur für Gas-, Wärme- und Energietechnik«) bzw. mit dem VDMA (»Ingenieur für Aufbereitungsmaschinen und Anlagentechnik«) vergeben werden. Maschinenbauabsolventen bestimmter Vertiefungsrichtungen, die zusätzliche Studienleistungen erbracht haben, können diese Zertifikate erwerben. Im Jahr 2013 erreichte der Studiengang Verfahrenstechnik im Ranking des Centrums für Hochschulentwicklung CHE (veröffentlicht in *Zeit online*) den Spitzenplatz unter allen deutschen Universitäten, der Studiengang Maschinenbau der Bergakademie belegte nach der Universität Darmstadt Platz zwei – ein überzeugender Beweis für die hervorragende Ausbildung und Betreuung unserer Studierenden. Die Fakultät erhielt 2014 zum wiederholten Male das Gütesiegel des Fakultätentags Maschinenbau und Verfahrenstechnik.

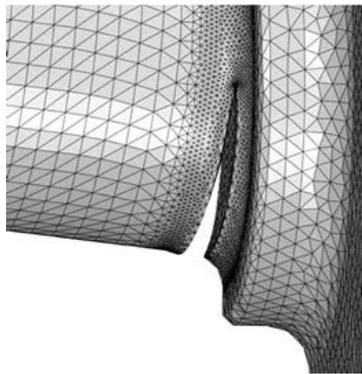
■ Karin Sichone

Die Institute der Fakultät

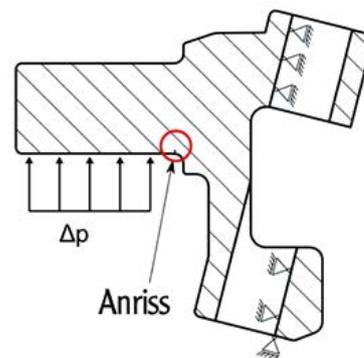
Institut für Mechanik und Fluidodynamik (IMFD)

Am Institut für Mechanik und Fluidodynamik (Leitung: Prof. Dr. Meinhard Kuna) sind die Professuren Technische Mechanik/Festkörpermechanik (Prof. Dr. Meinhard Kuna), Technische Mechanik Dynamik (Prof. Dr. Alfons Ams) sowie Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen (Prof. Dr. Christoph Brücker) beheimatet. In dieser Zusammensetzung besteht das Institut seit 2001. Verstärkt wird es durch die außerplanmäßige Professur für Numerische Modellierung granularer Fließprozesse (Prof. Dr. Rüdiger Schwarze) und eine Juniorprofessur für Multiskalensimulation des Materialverhaltens (Prof. Dr. Sebastien Groh).

Am Institut sind mehr als 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beschäftigt. Es ist mit leistungsfähiger Computertechnik ausgestattet, darunter mit einem Computerserver LINUX-Cluster mit 18 Knoten. Die Forschungsschwerpunkte der **Professur Festkörpermechanik** liegen bei der bruchmechanischen Beanspruchungsanalyse und Sicherheitsbewertung von Bauteilen, der Werkstoff- und Schädigungsmechanik, der Untersuchung adaptiver mechanischer Systeme, Entwicklung und Anwendung von numerischen Berechnungsverfahren der Fest-



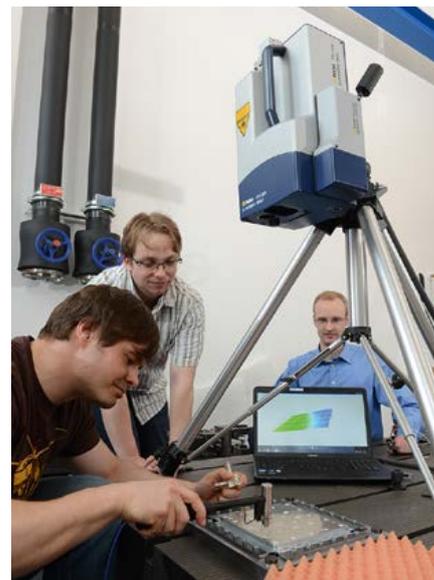
FEM-Simulation des Ermüdungsbruchs eines Achsschenkels



© IMFD



Experimentelle Untersuchungen an der Versuchssäge (links) und Modalanalyse an einer Erregerplatte (rechts)



Vibrometer

Fotos: C.Z. Müller, TU Bergakademie Freiberg

körpermechanik sowie miniaturisierter Prüfmethode. Die verfügbare Labortechnik entspricht modernsten Anforderungen. Regelmäßig wird ein Weiterbildungsseminar »Finite-Elemente-Methode in der Bruchmechanik« angeboten. Die Professur trägt maßgeblich den englischsprachigen Masterstudiengang *Computational Material Science* und ist gemeinsam mit der Professur Dynamik für die Ausbildung in der Vertiefung »Berechnung und Simulation« im Studiengang Maschinenbau verantwortlich.

Die Forschungsaktivität im Kreis der **Professur Dynamik** ist grundlagenorientiert und basiert auf analytischen, numerischen und experimentellen Methoden. Sie umfasst die Gebiete Maschinendynamik, Schwingungstechnik, Systemdynamik und Mechatronik und praktiziert theoretische und experimentelle Schwingungsuntersuchungen an Bauteilen, Maschinen und Anlagen sowie die Analyse nichtlinearer Systeme mit chaotischem und stochastischem Bewegungsverhalten. Aktuelle Schwerpunkte sind Trenntechnologien in der Silicium-Waferherstellung sowie die Generierung von Straßenoberflächen für Simulationen und Prüfstände. Dazu verfügt die Professur über eine Versuchsdrahtsäge zum Sägen von Waferblöcken, diverse Sensoren zur Messung von Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie über

einen Vibrationslaser und einen Vibrations-scanner. Die Professur trägt eine erhebliche Lehrbelastung im Rahmen der Grundlagenausbildung aller Ingenieure.

Die **Professur für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen** ist in der Forschung eng mit benachbarten Fachdisziplinen der Universität verbunden. Ihre Forschungsvorhaben betreffen sowohl die Grundlagenforschung (Numerische Verfahren, Strömungs-Struktur-Wechselwirkung) als auch Aufgaben im Bereich der Stahlerzeugung und der Gießertechnik, der Energietechnik (Strömungsoptimierung), der Fahrzeugtechnik (Sensorik, Einspritzung), des Maschinenbaus (Hydraulik, Pumpen) sowie auch der Medizintechnik (Blutpumpen, Beatmung, Sensorik). Auch diese Professur hat umfangreiche Lehraufgaben in der Grundlagenausbildung der Ingenieure zu bewältigen und ist gemeinsam mit der Professur für Technische Thermodynamik für die Ausbildung in der Vertiefungsrichtung »Thermofluidodynamik« im Studiengang Maschinenbau verantwortlich.

■ Meinhard Kuna, Alfons Ams, Christoph Brücker



Fotos (2): D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Demonstrationen im Technikum

Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung (IMKF)

Am Institut (Leitung Prof. Dr. Matthias Kröger) sind die Professur für Maschinenelemente (Prof. Dr. Matthias Kröger) und die Professur für Konstruktions- und Fertigungstechnik (Prof. Dr. Bertram Hentschel) angesiedelt. Bei der **Professur für Maschinenelemente** liegen die Forschungsschwerpunkte auf dem Gebiet der Komponenten von Fahrzeugen sowie von Gewinnungs- und Baumaschinen bezüglich Tribologie, Betriebsfestigkeit, Crashverhalten der Werkstoffe und Bauelementstrukturen, ferner auch auf dem Gebiet der Elastomerbauteile. Zur versuchstechnischen Ausstattung gehören diverse Tribometer zur Reibungs- und Verschleißuntersuchung, hydraulische mehrachsige Betriebsfestigkeitsprüfstände, Falltürme für Crashversuche sowie ein Rollwagen für Fahrzeugtests. Die engagierten Mitarbeiter der Professur sind mit ihren interessanten Forschungsfragen immer ein Anziehungspunkt für Jugendliche, beispielsweise zum Tag der offenen Tür oder bei Veranstaltungen der Schüleruniversität. Ein jährlich stattfindender Freiburger Crashworkshop »Werkstoffe und Gestaltung von Crashstrukturen« regt den Austausch zwischen Forschern und Anwendern an. Außer an der Grundlagenausbildung für



alle Ingenieurstudiengänge ist die Professur an der Ausbildung in der Vertiefungsrichtung »Gewinnungs- und Spezialtiefbaumaschinen« beteiligt und trägt überdies maßgeblich Verantwortung für die Vertiefungsrichtung »Konstruktionstechnik« im Studiengang Maschinenbau.

Die **Professur für Konstruktions- und Fertigungstechnik** befasst sich in der Forschung mit HSC-Fräsen, der Entwicklung von Fräswerkzeugen, der NC-Programmierung, der Fördertechnik für Baustoffe sowie mit verschiedenen Fragestellungen der Gießereitechnik. Dafür stehen ein moderner Maschinenpark, ein Messlabor mit geometrischer Messtechnik, mehrere 3-D-Drucker, ein Formstoff-Prüflabor sowie eine Niederdruck-Gießanlage zur Verfügung. Die Professur leistet die Ausbildung im Bereich Fertigung/Fertigungsmesstechnik, CAD und Konstruktionsmethodik für die Maschinenbau- und die Wirtschaftsingenieurstudenten, wirkt in der Vertiefung »Konstruktionstechnik« im Studiengang Maschinenbau mit und zeichnet für die Vertiefungsrichtung »Qualitäts- und Umweltmanagement« im Studiengang Umwelt-Engineering verantwortlich.

■ Matthias Kröger, Bertram Hentschel

Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik (IWTT)

Zum Institut (Leitung: Prof. Dr. Ulrich Groß) gehören die Professur Technische Thermodynamik (Prof. Dr. Ulrich Groß), die Professur für Gas- und Wärmetechnische Anlagen (kommissarische Leitung Prof. Dr. Ulrich Groß) und die Professur für Gastechnik (Prof. Dr. Michael Hofbauer). Mehr als 50 wissenschaftliche Mitarbeiter sind im Institut tätig.

Die **Professur für Technische Thermodynamik** bearbeitet drei Forschungsschwerpunkte:

- Thermophysikalische Stoffeigenschaften (Bestimmung thermophysikalischer Stoffeigenschaften besonders im Hochtemperaturbereich: Feststoffe und Schmelzen, poröse Medien, Dämmstoffe; Konstruktion und Bau von Messapparaturen zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit bei extremen Temperaturen; Modellierung und numerische Simulation der Wärmeleitfähigkeit heterogener Materialien);
- Experimentelle Untersuchung von Vorgängen der Wärmeübertragung (Filmverdampfung, Filmkondensation, Tropfenkondensation; Visualisierung von Filmströmungen; geothermische Phasenwechselsonden; inverser Thermosyphon; Monitoring zweier energieautarker Häuser und diverser Geothermieanlagen);
- Numerische Thermofluidynamik (Strömungen mit gekoppelten Transportprozessen: Wärmeübertragung, Verbrennung, Mehrphasen; Strömungen mit freien Oberflächen; Optimierung thermischer Prozesse: Schweißen von Bahnschienen, Gießwalzen von Magnesiumlegierungen; Geothermie).

Zur versuchstechnischen Ausstattung gehören ein thermophysikalisches Hochtemperaturlabor (unterschiedliche Plattenapparaturen zur Messung der Wär-



Fotos (2): T. Geipel, TU Bergakademie

HSC-Fräsen komplexer Bauteile, Modellierung und Fertigung eines Spielzeugrennwagens





a) Faserstrukturierter Dämmstoff, b) Numerische Simulation einer Drallströmung, c) Kondensierte Wassertropfen auf einer Polymeroberfläche

meleitfähigkeit bei Temperaturen bis zu 1650 °C und bei Drücken zwischen 10^{-8} und 10^{+2} bar; Laserflash-Apparatur zur Messung der Temperaturleitfähigkeit; Multisensor-Hochtemperatur-Kalorimeter; Dilatometer; Fourier-Transformations-Infrarot-Spektrometer (FTIR); Gitterspektrometer), eine Anlage zur Kalibrierung von Temperaturfühlern bis zu 1800 °C sowie zahlreiche Geräte für experimentelle Untersuchungen des Wärmeübergangs.

Durch die Professur wird außer der Grundlagenausbildung für alle Ingenieurstudiengänge die Vertiefung »Thermofluidodynamik« im Studiengang Maschinenbau maßgeblich getragen. Auf der Basis einer engen Kooperation mit Praxispartnern konnten neue Lehrveranstaltungen zur Geothermie und zu energieautarken Gebäuden in das Lehrangebot integriert werden. Darüber hinaus werden englischsprachige Lehrveranstaltungen zu Spezialgebieten der Technischen Thermodynamik angeboten, die von Studierenden rege nachgefragt werden (u. a. Teleteaching für TU Clausthal).

Die **Professur für Gas- und Wärmetechnische Anlagen** deckt ein breites Spektrum in den folgenden Forschungsbereichen ab:

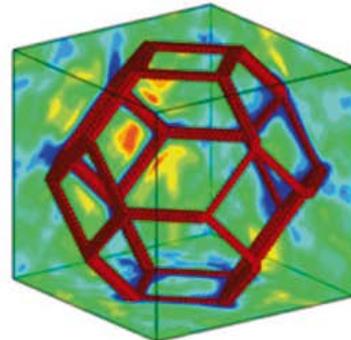
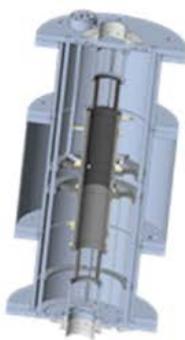
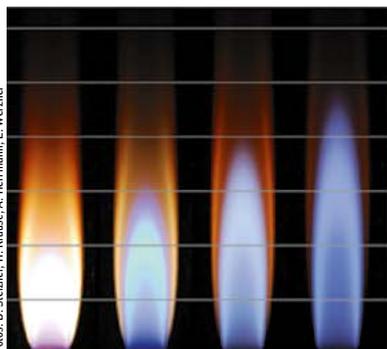
- Gastechnologien: Biogas- und Wasserstoff-Technologien; Gasaufbereitung; Mess- und Regelungstechnik; Systemanalytische Fragen der Gasversorgung;

- Verbrennung: Laserdiagnostik; Untersuchungen an Modellbrennern: Brenngeschwindigkeit, Rußcharakterisierung; Verbrennung in porösen Medien; Synthesegase und Sonderbrennstoffe; Brenner- und Reformerentwicklung;
- Thermoprozesstechnik/Ofenbau: Wärmetechnische Optimierung, Entwicklung von Thermoprozessanlagen; Mikrowellentechnologien; Materialien: Verhalten im Einsatz, Verschleiß und Korrosion;
- Energietechnik: Katalytische Wasserstoff-Erzeugung und -Aufbereitung aus Kohlenwasserstoffen; Einbindung von thermischer Solarenergie; Technologiebewertungen und Ökobilanzen (Life-Cycle-Assessment); Untersuchung von technologischen Auswirkungen des Klimawandels;
- Theorie und Numerische Simulation: Modellierung und Simulation von Stoff- und Wärmetransport-Vorgängen; Modellierung und Simulation von Prozessen in porösen Medien; Lattice-Boltzmann-Simulationen.

Zur modernen versuchs- und messtechnischen Ausstattung gehören Teststände und Messapparaturen zur Untersuchung von: Biogaserzeugung und Biogascharakteristik (Batch- und quasi-kontinuierliche Versuche); Flammgeschwindigkeiten sowie -eigenschaften; reaktiven und nicht-reaktiven Strömungen mittels laserdiagnostischer Methoden (LIF, LDA, PIV, bildgebende Verfah-

ren); Rußcharakteristika (Partikelmess-technik); Reformierungsprozessen (Katalysator-teststand, Gaschromatograph, Gasanalysator); Fragestellungen zu Thermoprozessanlagen (Mikrowellenanlage, Massenspektrometer, Hochtemperatur-Tribometer, Ofenanlagen für Korrosionsversuche, Hochtemperatur-Graphitofen); solarthermischen Anlagen (Prüffeld für thermische Solaranwendungen zur Untersuchung verschiedener Kollektortypen, Sonnensimulator); transparenten Wärmedämmstoffen (Solar-Dish-System, Breitbandgitterspektrometer, Pyranometer/Pyrheliometer); Energieeinsparpotenzialen (Thermografie-Kamera, Messtechnik zur Erfassung von flüssigen und gasförmigen Medien) sowie Simulationssoftware für Untersuchungen auf den genannten Themenfeldern.

Durch die enge Verbindung zum An-Institut DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg (Prof. Dr. Hartmut Krause) gelingt eine Forschungskoope-ration, von der auch die Studierenden der energierelevanten Vertiefungsrichtun-gen im Maschinenbau, im Umwelt-Engi-neering, in der Energietechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens profitieren. Von der Professur werden vorrangig Lehrveranstaltungen für Studierende des Ingenieurwesens angeboten, insbeson-dere die vertiefenden Kurse in den o. g. energierelevanten Studiengängen (Bei-spiele: »Wärmetechnische Anlagen« und



Beispiele aus den Bereichen (v.l.n.r.) Flammenforschung (Verbrennung), Ofenentwicklung (Thermoprozesstechnik), Solarenergienutzung (Energietechnik), Modellierung offener Schaumstrukturen (Numerik)

»Dezentrale und Regenerative Energieanlagen«). Ein in der Hochschullandschaft einzigartiges Angebot ist die an dieser Professur angesiedelte Ausbildung zum »Ingenieur für Gas-, Wärme- und Energietechnik« im Master- bzw. Diplomstudiengang Maschinenbau in Zusammenarbeit mit dem DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs). Dieses, von der Energiebranche mitgetragene Ausbildungspaket erfreut sich bei den Studierenden zunehmender Beliebtheit.

■ Ulrich Groß

Institut für Elektrotechnik (IET)

Das Institut wird seit 2011 von Prof. Dr. Jana Kertzsch geleitet, Inhaberin der **Professur für Elektrotechnik**. Seit Frühjahr 2014 ist es im sanierten Haus Formgebung beheimatet und kann dort modern ausgestattete Räumlichkeiten nutzen. Die Forschung konzentriert sich auf das Gebiet der elektrischen Energiewandler. Eine zentrale Rolle spielt die energetische Optimierung elektrischer Maschinen und Antriebe. Die Forschungsarbeiten lassen sich drei Schwerpunkten resp. Arbeitsgruppen zuordnen:

- Auslegung und Berechnung elektrischer Maschinen;
- Regelung und Optimierung elektrischer Traktionsantriebe;
- Energiebilanzierung und thermische Modellierung elektrischer Energiewandler und Energieumformer.

Umfangreiche Lehraufgaben sind durch die Professur zu bewältigen. Die elektrotechnischen Praktika erfordern einen hohen Vorbereitungs- und Betreuungsaufwand. Dazu kommen noch die messtechnischen Praktika für nahezu alle Ingenieurstudiengänge. Die Professur ist zudem für die Vertiefungsrichtung Elektromobilität im Studiengang Maschinenbau und im Studiengang Energietechnik für die Vertiefungsrichtung Elektroenergieversorgung zuständig.

■ Jana Kertzsch



Foto: D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Untersuchungen am Elektroauto



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Regionales virtuelles Kraftwerk

Institut für Automatisierungstechnik (IAUT)

Das Institut für Automatisierungstechnik wird von Prof. Dr. Andreas Rehkopf geleitet, der die **Professur für Steuerungs- und Regelungstechnik** innehat. Es hat im Haus Formgebung im Frühjahr 2014 ein neues Domizil gefunden.

Die Forschung des Instituts findet in Kooperation mit anderen Instituten der Fakultät und auch fakultätsübergreifend statt – eng orientiert am Ressourcenprofil der Universität. Schwerpunkte betreffen die Automatisierung dezentraler Energiesysteme, die Überwachung und effiziente Steuerung von Kleinenergieanlagen, Untersuchungen an einem regionalen virtuellen Kraftwerk, die Automatisierung von Diffusionsexperimenten in metallischen Schmelzen sowie auch die Modellierung und Regelung von Hochtemperaturprozessen in

Mehrzonenoöfen. Die Professur wird sich weiterhin verstärkt in die Forschung und Lehre zur Montan-Automation einbringen; hier ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Institut Freiberg und den Lehrstühlen für Bergbau und Geotechnik vorgesehen. Dafür stehen ein Labor Regelungstechnik, ein umfassendes SPS-Leittechnik-Labor (Siemens- und B&R-Komponenten), ein Labor Modellfabrik, ein Labor Energieautomation und die erforderliche Rechentechnik (unter anderem ein modernes Parallelrechner-Cluster) zur Verfügung. In der Grundlagenausbildung der Ingenieure ist die Professur mit den Lehrveranstaltungen »Automatisierungssysteme« und »Regelungssysteme (Grundlagen)« vertreten. Im Studiengang Maschinenbau zeichnet sie für die Vertiefungsrichtung Automatisierung verantwortlich.

■ Andreas Rehkopf



Foto: J. Lösel

Institut für Aufbereitungsmaschinen (IAM)



Foto: D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Fachgespräch an einer Versuchsanlage

Das Institut für Aufbereitungsmaschinen wird von Prof. Dr. Holger Lieberwirth geleitet, der auf die gleichnamige Professur berufen ist. Es ist im Julius-Weisbach-Bau an der Lampadiusstraße beheimatet. Ihm gehören 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an.

Die **Professur Aufbereitungsmaschinen** ist fest in die vertiefende Ausbildung in den Studiengängen Maschinenbau (Aufbereitungsmaschinen) und Umwelt-Engineering (Recycling) eingebunden. Darüber hinaus partizipieren auch die Studenten des Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen und des Masterstudiengangs Verfahrenstechnik an den Vorlesungen, Übungen und Praktika. Die Lehrveranstaltungen beziehen sich auf den gesamten in der Aufbereitungstechnik eingesetzten Maschinenpark. Zusätzliche Fachgebiete, unter anderem Stahlbau, Fördertechnik und Entstaubungsanlagen, werden interessierten Studierenden für den Erwerb des Zertifikats »Ingenieur für Aufbereitungsmaschinen und Anlagentechnik« angeboten, das gemeinsam mit dem VDMA vergeben wird.

Durch beispielhafte Industriekontakte gelingt es, den Studierenden eine praxisnahe Ausbildung auf hohem Niveau anzubieten. Der im Jahr 2006 gegründete Freundes- und Förderkreis des Instituts für Aufbereitungsmaschinen hat sich zum Ziel gesetzt, durch Betreuung von Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten, die Durchführung von Fachexkursionen sowie Hilfe beim Berufseinstieg die Ausbildung der Studierenden zu unterstützen und den Austausch zwischen Universität und Maschinenherstellern zu intensivieren. Ein jährlich stattfindendes Symposium für Aufbereitungstechnik sorgt für die Kontinuität in der Zusammenarbeit.

Die Forschung am Institut umfasst viele Facetten der Aufbereitungstech-

nik, beginnend bei den Einzelmaschinen (Brecher, Mühlen, Magnetscheider, Sichter sowie Sieb-, Pelletier-, Läuter- und Fördermaschinen) – bis hin zu kompletten Systemlösungen, beispielsweise zum Recycling künftiger Elektrofahrzeuge. Ausgangspunkt des Forschungskonzepts ist dabei regelmäßig eine tiefgründige Analyse des zu verarbeitenden Materials, wofür mit der quantitativen Gefügeanalyse eine spezielle Methode entwickelt worden ist, die es erlaubt, bestimmte Materialeigenschaften gezielt für die energiesparenden Methoden der Gutbettzerkleinerung und der selektiven Zerkleinerung zu nutzen. Mit einer jüngst abgeschlossenen Arbeit zur Kohle-Mahltröcknung leistet das Institut einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Teillastfähigkeit bestehender Braunkohlekraftwerke und damit zur Energie- wende. Ergänzt werden die praktischen Versuche häufig durch Analysen anhand von Modellen – beispielsweise auf Basis der CFD- oder DEM-Methode.

Außer für Lehre und Forschung wird die umfangreiche Laborausstattung des Instituts auch zu Dienstleistungen für Industriepartner oder andere Forschungseinrichtungen genutzt. Unsere Partner verlassen sich seit Jahren auf die Analysen des institutseigenen mineralogischen Labors, wenn es um quantitative Prognosen zum Zerkleinerungsverhalten von Materialien, zum Energiebedarf sowie zum erwarteten Verschleiß geht. Die Ergebnisse können bei Bedarf auch sofort auf einer der zahlreichen Zerkleinerungsmaschinen des Instituts, mit denen sich praktisch alle denkbaren Beanspruchungsarten realitätsnah abbilden lassen, überprüft werden. Vom institutseigenen Prall- und Flachkegelbrecher im industriellen Maßstab in einem nahegelegenen Steinbruch, über Walzen-, Backen-, Prall- und Hammerbrecher im Technikum bis hin zu Mühlen unterschiedlicher Größe reicht das Spektrum der einsetzbaren Maschinen, darunter auch mehrere Walzenmühlen zur Gutbettzerkleinerung und zur Pressagglomeration.

Im Bereich der Klassierung können mit statischem und dynamischem Sichter sowie Linear-, Exzenter- und Ellipsenschwingsiebmaschine vielfältige Untersuchungen zur Klassierung sowohl feinkörniger als auch siebschwieriger Stoffe durchgeführt werden. Zentrum der Sortiertechnik ist ein Magnetscheidelabor, in dem auf einer Reihe von Versuchs-

ständen vom Frantz- bis zum Hochgradientmagnetscheider unterschiedliche Möglichkeiten der Ausnutzung magnetischer Eigenschaften von Stoffbestandteilen für Sortiervorgänge untersucht werden können. Läutermaschinen zum Waschen von Rohmaterial sowie ein Entstaubungslabor komplettieren den Überblick über unsere Sortiertechnik. Die Maschinen zur Aufbau- und Pressagglomeration werden zunehmend genutzt, um die granulometrischen Eigenschaften von Stoffen gezielt zu beeinflussen und für bestimmte Anwendungen, beispielsweise als Düngemittel- oder Filterstaubpellets, aber auch als Eisenschwammbricketts, zu optimieren.

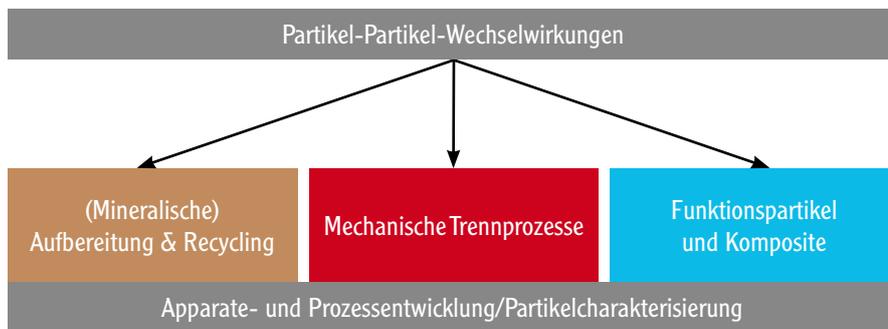
Umfangreiche Mess- und Analysetechnik – vom Lasergranulometer über Bond-, Zeisel-, Blain- und CPA-, Point-Load-Test-Geräte, Luftstrahlsiebmaschinen bis zur Hochgeschwindigkeitskamera – erlauben die präzise Aufzeichnung und Auswertung der Ergebnisse unserer Aufbereitungsuntersuchungen. Der wichtigste Faktor für die korrekte Durchführung der Messungen sowie die fachgerechte Interpretation und Präsentation der Messergebnisse ist jedoch nicht die umfangreiche Ausstattung des Instituts mit Technik. Es sind vielmehr die engagierten und erfahrenen Mitarbeiter, die es dem Institut erst erlauben, diese Technik sinnvoll für immer neue Aufgaben einzusetzen und jeden Tag spannende Lösungen zu finden.

■ Holger Lieberwirth

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik (IMVT)

Der Freiburger **Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik** gehört zu den bekanntesten und traditionsreichsten Lehrstühlen der Mechanischen Verfahrenstechnik in Deutschland. Prof. Dr. Heinrich Schubert (von 1960 bis 1991) hat die Freiburger Mechanische Verfahrenstechnik stark geprägt. Zusammen mit den Erfahrungen aus der Zeit von Prof. Dr. Klaus Husemann (von 1993 bis 2008), Sprecher des Sonderforschungsbereichs 285 »Partikelwechselwirkung bei Prozessen der Mechanischen Verfahrenstechnik« (1995–2004), ist dies eine Grundlage für die aktuelle Forschung.

Außer durch diese lokal-historische Basis werden die Arbeiten des Instituts auch durch die Karlsruher Schule der Mechanischen Verfahrenstechnik von Prof. H. Rumpf und jene der Mechanischen Fest-Flüssig-Trenntechnik von



Arbeitsgebiete des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik

Prof. W. Stahl mitgeprägt. So wenden sich die aktuellen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Mechanischen Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik den wissenschaftlichen Fragestellungen der Partikeltechnologie und der Aufbereitungstechnik zu.

2008 wurde Prof. Dr. Urs Peuker (nach Stationen an der Universität Karlsruhe, Promotion 2002 und der TU Clausthal) auf den Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik berufen. Am Institut arbeiten aktuell 27 wissenschaftliche und technische Mitarbeiter; jährlich werden zwei bis drei Promotionen abgeschlossen und graduieren ca. zehn Studierende im Bereich Mechanische Verfahrenstechnik bzw. Aufbereitungstechnik mit einem Diplom- bzw. Masterabschluss.

Der Schwerpunkt der Ausbildung liegt auf den Gebieten der Aufbereitungs- sowie der Fein- und Feinstpartikeltechnik: dem Herstellen, Verarbeiten und Charakterisieren feiner und feinsten Pulver, Suspensionen, Tropfen und Blasen mit einem besonderen Fokus auf mechanischen Trennprozessen. Die hier vermittelten Kenntnisse und Fertigkeiten eröffnen den Absolventinnen und Absolventen ausgezeichnete berufliche Chancen in nahezu allen Industriebereichen. Das Praxissemester (Diplomstudiengang) und das Fachpraktikum (Bachelorstudiengang), zahlreiche Praktika am Lehrstuhl und die enge Verbindung zu Industrie und Forschungseinrichtungen garantieren eine praxisnahe Ausbildung.

Die Forschung umfasst das gesamte Feld der Mechanischen Verfahrenstechnik mit Schwerpunkten in der Aufbereitungstechnik und der Fest-Flüssig-Trennung. Ein besonderer Fokus liegt auf der Betrachtung von Feststoffgrenzflächen und Partikel-Partikel-Wechselwirkungen sowohl in wässrigen als auch nicht-wässrigen Flüssigkeiten. Die detaillierte Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Partikeln un-

tereinander und mit dem umgebenden Medium ermöglicht es, die Prozessgesetze einer Vielzahl von Unit-Operations zu beschreiben, die eine zentrale Bedeutung sowohl für die Mechanische Verfahrenstechnik als auch für die Aufbereitungstechnik haben: Filtrieren, Zentrifugieren, Waschen, Sedimentieren, Flotieren, Klassieren, Nassmahlen, Sortieren, Dispergieren, Stabilisieren, De-/Agglomerieren, etc.

Hierauf aufbauend werden konkrete Entwicklungen zum Produktdesign im Bereich partikelgefüllter Kompositmaterialien, beispielsweise hochgefüllte superparamagnetische Materialien für den Mikrospritzguss, und Funktionspartikel, bspw. superparamagnetische Adsorbenspartikel für die Bioseparation, vorangetrieben. Ein exzellentes Verständnis der Mikroprozesse im Bereich der Partikeltechnologie und der grenzflächenchemischen Eigenschaften der untersuchten Partikelsysteme ist die Basis für jede Prozessentwicklung, insbesondere für die Verarbeitung und Charakterisierung von Partikelsystemen mit Korngrößen unterhalb von 100 µm. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung der Partikelextraktion, einer Flüssig-Flüssig-Flotation zur Abtrennung von Nanopartikeln und zur Anreicherung feinstkörniger Erze.

Alle diese Vorhaben zielen auf die technische Anwendung der Ergebnisse, d.h. die Apparatechnik der Mechanischen Verfahrens- und der Aufbereitungstechnik (s. Abb.). Zeugnisse dafür sind die Prozessentwicklungen für das mechanische Recycling von Traktionsbatterien und die zur nicht-wässrigen Extraktion von Ölsanden.

In den vergangenen Jahren wurde die instrumentelle Partikelanalytik des Instituts besonders verstärkt. Für den Partikelgrößenbereich von 5 nm bis 63 mm (sowohl für Suspensionen als auch für gasgetragene Partikelsysteme) stehen nun Messgeräte zur Verfügung, die es erlauben, die Größenverteilungen zu be-

stimmen. Die hohe Qualität der Freiburger Partikelanalytik ist über eine Teilnahme an internationalen Ringversuchen zertifiziert worden.

Ein besonderes Highlight der Laborausstattung ist das Raster-Kraft-Mikroskop, mit dem sowohl in Gasatmosphäre als auch in Flüssigkeiten Wechselwirkungskräfte zwischen Partikeln größer 10 µm direkt gemessen werden können. Hierüber werden für den SFB 920 modellhaft hydrophobe Wechselwirkungskräfte, die für die Metallschmelzefiltration bestimmend sind, analysiert. Zusammen mit dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie werden in diesem Kontext Proben parallel mittels Ramanspektroskopie und Raster-Kraft-Mikroskopie untersucht. Dadurch gelingt es, gleichzeitig für eine bestimmte Stelle auf der Probe chemische und mineralogische Informationen sowie lokale Wechselwirkungen zu ermitteln.

Ein weiteres Highlight des Instituts ist die exzellente Technikausstattung: Unterbereiche Mechanische Flüssigkeitsabtrennung, Sprühprozesse, Mechanisches Sortieren, Schüttguttechnik, Recycling sowie Fein- und Feinstzerkleinerung.

Die Gründung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) hat für den Lehrstuhl einen neuen und engen Kooperationspartner etabliert. Vom HIF-Start 2011 an bis Mitte 2014 hatte Prof. Dr. Urs Peuker in Doppelfunktion die kommissarische Leitung der Abteilung Aufbereitungstechnik am HIF inne, wodurch von Anfang an eine enge fachliche und personelle Verzahnung von Helmholtz-Institut und Bergakademie möglich wurde.

■ Urs Peuker

Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik (ITUN)

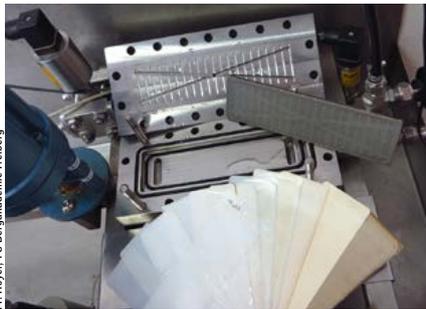
Das Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik wurde in seiner jetzigen Struktur im Rahmen der universitären Neuordnung im Jahr 1994 gegründet. Sein Direktor ist Prof. Dr. Jens-Uwe Repke, der auf die **Professur für Thermische Verfahrenstechnik** berufen wurde. Außer der Thermischen Verfahrenstechnik sind am Institut noch zwei weitere Arbeitsgruppen angesiedelt, die von erfahrenen Wissenschaftlern geleitet werden; am Institut sind aktuell 38 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig.

Die Forschungsaktivitäten des Insti-

tuts reichen von grundlagenorientierten Arbeiten bis hin zur Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die industrielle Praxis. Dabei umfassen sie neben theoretischen Studien und Analysen zumeist auch experimentelle Untersuchungen im Labor- oder Technikumsmaßstab. Vielfach ergeben sich Synergie-Effekte zwischen den drei Arbeitsgruppen bei der Bearbeitung der Fragestellungen. So werden beispielsweise fossile und nachwachsende Rohstoffe in der AG Naturstoffverfahrenstechnik mechanisch aufbereitet und anschließend in der AG Thermische Verfahrenstechnik Wertstoffe mittels konventioneller und überkritischer Fluide extrahiert. Die Herstellung von Agglomeraten mit großen inneren Oberflächen ist eine wichtige Voraussetzung für den nachgeschalteten Teilprozess, aber nur die gemeinschaftliche Betrachtung führt zum Optimum des Gesamtprozesses.

Ein Forschungsschwerpunkt der **AG Thermische Verfahrenstechnik** ist die Aufklärung von Phänomenen des Strömungsverhaltens sowie des Wärme- und Stofftransports durch Flüssigkeitsströmungen auf freien Oberflächen. Dafür werden nicht-invasive Messmethoden wie beispielsweise die Stereo-PIV eingesetzt und durch Simulationsstudien mittels CFD sinnvoll ergänzt. Die Entwicklung von hybriden Trennprozessen (Integration von Rektifikation oder Absorption mit Membranverfahren) ist ein weiterer Schwerpunkt; die Stoffumwandlungsprozesse sind hier mit in die Betrachtungen eingebunden. Hierfür werden Prozessmodelle entwickelt, die notwendigen Stoffdaten im Labor ermittelt und die Modelle schließlich im Technikum validiert. Die Entwicklung von Methoden zur Prozessanalyse und -synthese und deren Anwendung auf reale Prozesse ist der dritte Betrachtungsschwerpunkt in dieser Gruppe, insbesondere auf solche mit einer großen Anzahl von Rückführungen.

Forschungsschwerpunkt in der **AG Umweltverfahrenstechnik** ist die Entwicklung von Membranprozessen (bspw. Nanofiltration) zur Aufbereitung von Prozesswässern oder zur Wertstoffabtrennung aus stark sauren Wässern des Bergbaus. In diesem Kontext wird ein grundlegendes Verständnis der Vorgänge an der Membran angestrebt, ebenso eine Gesamtprozess-Betrachtung. Das Studium des Verhaltens von Membranen unter extremen Prozessbedingungen wie



M. Hoyer, TU Bergakademie Freiberg

Membranmodul



Dr. R. Seifarth, TU Bergakademie Freiberg

Anlage zur UV-Oxidation



O. Litzmann, TU Bergakademie Freiberg

Reaktivrektifikationskolonne



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Agglomerat aus Kohle & Biomasse

bei der Abtrennung von Wertkomponenten aus nahe- und überkritischen Fluiden, die als Lösungsmittel eingesetzt werden, sind ein weiterer Arbeitsschwerpunkt. Diese Arbeiten ergänzen die Aktivitäten zur überkritischen Extraktion. Den dritten Forschungsschwerpunkt bilden sog. AOP (*Advanced Oxidation Processes*) für Zwecke der Behandlung von Prozesswässern in verschiedenen Industriezweigen.

Die Veredlung von nachwachsenden und fossilen Rohstoffen ist ein zentraler Forschungsschwerpunkt der **AG Naturstoffverfahrenstechnik**: grundlegende Untersuchungen zur Brikettierbarkeit von in- und ausländischen Braun- und Steinkohlen, Granulier- und Pelletierverfahren für Biomassen sowie für Weichbraunkohlen. Die Suche nach innovativen Kohlenstoffträgern für die Eisen- und Stahlherstellung ist ein weiterer Arbeitsschwerpunkt. Die Entwicklung von Herstellungsverfahren für Kokse als alternative Adsorptionsmittel oder für metallurgische Prozesse hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Die Gruppe verfügt über eine exzellente Stoffkenntnis auf dem Gebiet von Braunkohlen, die sowohl für die Verfahrens- als auch für die Anlagenentwicklung, beispielsweise von Pressensystemen oder eines neuen Vertikalkammerofens, genutzt wird.

Die genannten Fragestellungen werden sowohl in rein grundlagenwissenschaftlichen Forschungsprojekten als auch im Rahmen von Kooperationsprojekten gemeinsam mit industriellen Partnern bearbeitet. Darüber hinaus ist das Institut in größere Verbundprojekte (metallurgisches Kompetenzzentrum K1-MET (<http://www.k1-met.at/>), interdisziplinäres Freiburger Biohydrometallurgisches Zentrum BHMZ (<http://tu-freiberg.de/forschung/bhmz>)) aktiv eingebunden.

Bei der Ausbildung von Studenten gestaltet das Institut mit seinen Lehrveranstaltungen maßgeblich die Studiengänge Verfahrenstechnik, Umwelt-Engineering und den Aufbaustudiengang Umweltverfahrenstechnik mit. Zudem bietet es Lehrveranstaltungen in mehreren anderen Studiengängen wie Energietechnik, Geoökologie und auch für das Wirtschaftsingenieurwesen an. Neben Grundlagen- und Schwerpunktmodulen (Thermische Verfahrenstechnik, Umwelttechnik oder Thermische- und Naturstoffverfahrenstechnik) werden vertiefende Lehrveranstaltungen zur Bioverfahrens- und Naturstofftechnik sowie

zur Prozesssimulation und Prozesssynthese realisiert. Die Vorlesungen werden durch rechnergestützte Übungen und experimentelle Praktika in den Laboren und Technika des Instituts wirkungsvoll ergänzt. Beispielsweise führen die Studenten neben Versuchen zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen mittels Rektifikation oder Membranverfahren auch Untersuchungen zur Herstellung von Pellets durch, deren Qualität dann u. a. in nachfolgenden Verbrennungsversuchen zu bewerten ist. Damit leistet das Institut einen wesentlichen Beitrag zur Ausbildung von Ingenieuren, die ihr späteres berufliches Betätigungsfeld u. a. in den Bereichen der Chemischen Industrie, der Biotechnologie, des Bergbaus, der Wasserwirtschaft oder der Energiewirtschaft finden.

■ Jens-Uwe Repke

Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC)

Die Wurzeln des IEC gehen auf die Braunkohlenstiftung zurück, die 1918 von der Braunkohlenindustrie ins Le-

ben gerufen worden ist. Vom Leiter des Wärmewirtschaftlichen Laboratoriums Fritz Seidenschnur, der als Professor für Wärmewirtschaft an der Bergakademie lehrte, wurde 1921–1922 auf dem Hal-dengelände des stillgelegten Bergwerks »Reiche Zeche«, dem heutigen Standort des IEC, eine halbtechnische Versuchsanlage für die Schwelung und Vergasung von Braunkohlen errichtet. Sie gilt als weltweit erste Pilotanlage auf dem Gebiet der thermochemischen Braunkohlenveredlung.

Nach 1945 wurde das Wärmewirtschaftliche Laboratorium in ein selbstständiges Hochschulinstitut überführt, das den Namen »Institut für technische Brennstoffverwertung« erhielt. Unter der Leitung des international renommierten Wissenschaftlers Professor Erich Rammler (1949–1966) wurde das Institut stark erweitert und errichtete eine Vielzahl halbtechnischer Anlagen zur thermochemischen Kohleveredlung. In der Folgezeit stand dem mittlerweile in »Wissenschaftsbereich Reaktions- und Brennstofftechnik« umbenannten Insti-

tut für viele Jahre (1973–1994) Professor Erhard Klose vor. Mit der Wiedereinführung der Institutsstruktur an der Bergakademie nach der politischen Wende entstand aus dem vormaligen Wissenschaftsbereich das Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC), dessen Leitung seit 1994 Professor Bernd Meyer innehat.

Das IEC ist mit derzeit 145 Mitarbeitern das größte Institut der Technischen Universität Bergakademie Freiberg und prägt die Forschungslandschaft im Bereich der stofflich-energetischen Energieträgerwandlung. Während die Kohleforschung, aber auch die Ausbildung von Studenten auf diesem Gebiet an anderen Universitäten Deutschlands in den letzten beiden Jahrzehnten weitgehend aufgegeben wurde, konnten an der TU Bergakademie Freiberg dieses unikale Ausbildungsprofil sowie die Forschungskapazitäten erhalten werden.

Das Institut weist eine Reihe wissenschaftlicher Kompetenzen mit internationalen Alleinstellungsmerkmalen auf, die begründet sind:



© IEC, TU Bergakademie Freiberg



Energierohstoffe (von links nach rechts: Braunkohle, Anthrazit, Steinkohle)

- im langjährig aufgebauten Stoffwissen zu Kohle, Öl, Gas und Biomasse;
- im Prozess- und Anlagenwissen bezüglich großtechnischer Prozesse;
- im interdisziplinären Modellierungswissen (Mathematik, Informatik, Mineralogie, Chemie);
- in speziellem Wissen beim Betrieb von Pilotanlagen (HP POX, Benzinanlage, Schlackebadvergaser).

Dem Institut gehören drei Professuren an. An der **Professur für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen** (Leitung Prof. Dr. Bernd Meyer) steht die effiziente und nachhaltige Nutzung von fossilen und nachwachsenden Energierohstoffen im Mittelpunkt des Lehr- und Forschungsprofils. Der Schlüssel dafür sind thermochemische Umwandlungsprozesse, durch die Strom und Wärme, aber auch synthetische Wertstoffe für die chemische Industrie, Kraftstoffe oder Kokse für die Metallurgie und für den Umweltschutz gewonnen werden können.

Für die Analyse und Entwicklung der Prozesse und Produkte steht eine hochmoderne und umfangreiche Ausrüstung zur Verfügung – von laboranalytischen Einrichtungen über Technikumsanlagen bis hin zu Versuchsanlagen im Pilotmaßstab. Neben den vielfältigen experimentellen Arbeiten kommt der mathematisch-naturwissenschaftlichen Modellierung und der rechen-technischen Simulation der Konversionsprozesse und ganzer Anlagenkomplexe, in die diese Konversionsprozesse integriert sind, eine zentrale Rolle zu.

Im Bereich Forschung zählt die Professur EVT mit ihren acht Abteilungen (Thermochemische Konversion, Mineralstoffsysteme, Low-Carbon-Technologien, Prozesskettenentwicklung, CFD-Model-

lierung von Hochtemperatur-Prozessen, Technologien der Feststoffvergasung, Synthesegastechnologien und Anlagenbetrieb) zu den drittmittelstärksten Professuren in Deutschland. Zahlreiche Großforschungsvorhaben – von der Grundlagen- bis zur angewandten Forschung – sowie Forschungsnetzwerke wurden und werden von hier aus initiiert und mit zahlreichen Forschungs- und Industriepartnerschaften erfolgreich gestaltet (u. a. Virtuhcon, DER, ERN, DBI Bergakademie). Ein Highlight ist die von der Professur organisierte Tagung *International Freiberg Conference on IGCC & Xtl Technologies*, die mit großer internationaler Resonanz alle zwei Jahre durchgeführt wird.

Bei der studentischen Ausbildung ist die Professur für die Studienrichtung Energieverfahrenstechnik verantwortlich und bietet auch in mehreren anderen Studien- und Vertiefungsrichtungen zahlreiche energierelevante Lehrveranstaltungen an.

Die **Professur Reaktionstechnik** (Leitung Prof. Dr. Sven Kureti) hat bereits unter der Leitung von Ralf Köpsel (bis 2000) und Thomas Dimmig (bis 2006) das Lehr- und Forschungsprofil des Instituts für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen maßgeblich mitbestimmt und geprägt. Sie beschäftigt sich traditionell mit reaktionstechnischen Fragestellungen der Erdölverarbeitung sowie der Kohle- und Petrochemie. Mit der Neubesetzung der Professur im Jahr 2010 wurden die vorhandenen Kompetenzen durch Aspekte auf dem Gebiet der heterogenen Katalyse erweitert. Daraus eröffneten sich sowohl neue Felder in der Grundlagenforschung (wissensbasierte Entwicklung von Katalysatoren) als auch einschlägige Bezüge

zur Anwendungsseite. Gegenwärtig sind an der Professur Reaktionstechnik zwölf wissenschaftliche und zwölf technische Mitarbeiter beschäftigt.

In den verfahrenstechnischen Studiengängen (Bachelor, Master, Diplom) ist die Professur für die inhaltliche Gestaltung der Vertiefungsrichtung Chemische Verfahrenstechnik verantwortlich und bietet auch einen großen Teil der zugehörigen Lehrveranstaltungen an (beispielsweise Katalyse, Instrumentelle Analytische Chemie, Erdölverarbeitung, Industrielle Chemie). Für alle Verfahrenstechniker, aber auch für die angehenden Chemiker, Wirtschaftsingenieure und Umweltingenieure an unserer Universität, wird das Gebiet der Reaktionstechnik als eine der drei Grundsäulen der Verfahrenstechnik gelehrt.

Die Forschungsarbeiten an der Professur Reaktionstechnik sind auf heterogen-katalytisch geführte Prozesse der Umwelt- und Energietechnik fokussiert und zielen auf die wissensbasierte Entwicklung neuer Katalysatormaterialien und katalytischer Verfahren:

- **Abgaskatalyse.** Die Arbeiten auf dem Gebiet der Abgasreinigung befassen sich mit dem Einsatz von Katalysatoren zur Schadstoffminderung bei motorischen Abgasen und Industrieabluft: insbesondere NO_x, N₂O, CH₄, Ruß und CO. Ein Großteil der Aktivitäten ist darauf gerichtet, ein fundamentales Verständnis für die Oberflächenchemie von eisenbasierten Abgaskatalysatoren zu entwickeln. Unter diesem Blickwinkel werden systematisch eisenoxidhaltige Katalysatoren bei umweltrelevanten chemischen Reaktionen eingesetzt, um die Art der aktiven Eisen-Zentren sowie die relevanten Reaktionsmechanismen und -kinetiken aufzuklären, mit dem Fernziel, die einzelnen Resultate in ein umfassendes Gesamtmodell zu integrieren, das die gezielte Entwicklung neuer Abgaskatalysatoren auf der Basis von Eisenoxid ermöglicht. Weitere wichtige Projekte sind die Tieftemperatur-NO_x-Reduktion mittels Wasserstoff (H₂-SCR) und die Niedertemperatur-Zersetzung von N₂O. Hier kommen vordergründig Edelmetall-Katalysatoren zum Einsatz.

- **Synthesegaschemie.** Unter dem Aspekt einer stofflichen Nutzung von Kohlendioxid werden Konzepte verfolgt, bei denen dieses Treibhausgas katalytisch – unter Nutzung von erneuerbarer Energiequellen – zu hochwertigen Energieträgern (Methan) oder Kraftstoffkomponenten (zu Alkoholen) gewandelt wird.



Halbkontinuierliche Extraktionsanlage



Verschiedene Katalysatoren und Rapsölproben

Weitere Arbeiten zielen auf die Modifizierung der Fischer-Tropsch-Synthese, um die Selektivität des Prozesses für bestimmte Zielprodukte (beispielsweise höhere Alkohole) zu verbessern. Auch hier sollen insbesondere eisenbasierte Katalysatoren Anwendung finden.

- **Alternative Kraftstoffe.** Zur Gewinnung flüssiger Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen werden an der Professur Reaktionstechnik Prozesse entwickelt, in denen Biomassen direkt (nicht über die Zwischenstufe Synthesegas) zu den gewünschten Zielprodukten gewandelt werden können. Ein besonders interessanter Weg ist die Kraftstoffproduktion aus Mikroalgen. Diese sind nicht der sog. Teller-Tank-Diskussion ausgesetzt und besitzen im Vergleich zu Landpflanzen eine wesentlich höhere Biomasseproduktivität. Durch eine hydrothermale Behandlung wird in einem ersten Prozessschritt ein teerartiges Schweröl erzeugt, das über seine katalytische Hydrierung zu einem raffineriegängigen Rohöl veredelt wird.

Die Professur kann bei ihren Arbeiten auf eine moderne und umfangreiche technische Ausstattung zurückgreifen, die sowohl der Forschung als auch der studentischen Ausbildung zur Verfügung steht: anspruchsvolle Technikumsanlagen für Reaktionen im Mittel- und Hochdruckbereich ebenso wie Katalysatororteststände für unterschiedliche Geometrien (Waben, Pulver, Granulat, Sheets) oder hochmoderne Geräte der instrumentellen Analytik zur Charakterisierung von Katalysatoren und Stoffen.

Die **Professur für Numerische Thermofluidynamik** wurde 2010 mit der Berufung von Prof. Dr. Christian Hasse gegründet. Aktuell forschen ca. 20 wissenschaftliche Mitarbeiter (Doktoranden

und Post-Docs) an der Modellierung und Simulation von reaktiven und nicht-reaktiven Strömungen. Hierbei stehen sowohl die Verbrennung als auch Partialoxidationsprozesse (Vergasung) im Fokus. Die Simulationen reichen vom Geschehen in Laborflammen bis hin zu dem in industriellen Großreaktoren. An der Professur wird die benötigte Spezialsoftware für die numerische Simulation selbst entwickelt und bei Bedarf an bereits existente Pakete angekoppelt. Dies sind unter anderem Strömungsprogramme, spezielle Flammenlöser sowie auch Softwarepakete zur Berechnung von Kinetiken der Kohleoxidation. Zudem steht ein moderner Hochleistungscluster (>600 cores) mit Infiniband FDR an der Professur zur Verfügung. Für den Bereich High Performance Computing (HPC) sind aktuell Rechenzeitkontingente (>35 Mio. CPUh/a) auf den Hochleistungsrechnern in Jülich und München bewilligt.

In der Lehre bietet die Professur für Numerische Thermofluidynamik eine Vielzahl von vertiefenden Veranstaltungen im Bereich Simulation, Modellierung und Softwareentwicklung an, darunter für die Vertiefungsrichtung Numerische Methoden in der Verfahrenstechnik im Diplomstudiengang Verfahrenstechnik. Sie ist federführend in den mit der TU Dresden gemeinsam etablierten Masterstudiengang *Computational Science and Engineering* eingebunden.

■ Sven Kureti, Christian Hasse, Peter Seifert,
Thomas Kuchling

Institut für Keramik, Glas und Baustofftechnik (IKGB)

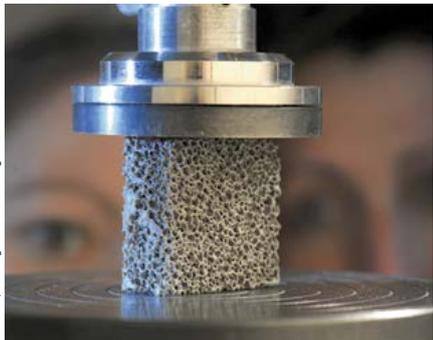
Im Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik (geschäftsführender Institutsdirektor: Prof. Dr. Christos Aneziris) sind die Professur für Keramik (Prof.

Dr. Christos Aneziris), die Professur für Glas- und Emailtechnik (Prof. Dr. Heiko Hessenkemper) und die Professur für Baustofftechnik (Prof. Dr. Thomas Bier) angesiedelt. Bis Oktober 2002 trug das Institut die Bezeichnung Institut für Silikattechnik.

An der **Professur für Keramik** sind 54 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig. In enger Kooperation mit Partnern aus Industrie und Forschung werden Projekte realisiert, die den gesamten Bereich vom Mikrostruktur-Design bis zur Bauteilentwicklung umfassen. Die wichtigsten Forschungsschwerpunkte sind in Großprojekte der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingebunden:

- Feuerfeste keramische Werkstoffe (DFG-Schwerpunktprogramm 1418 »Feuerfest-Initiative zur Reduzierung von Emissionen«);
- Poröse keramische Werkstoffe (DFG-Sonderforschungsbereich 920 – »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration«);
- Verbundwerkstoffe (DFG-Sonderforschungsbereich 799 – »TRIP-Matrix-Composite«).

Für Versuche zum Einsatz moderner Aufbereitungs-, Formgebungs- und Sinterverfahren steht qualifiziertes Personal in einem gut ausgestatteten Technikum zur Verfügung: Anlagen für Druckguss und Flamspritzen, Autoklaven, kaltstatische Pressen und Hochtemperaturaggregate, in denen auch großformatige Bauteile hergestellt werden können. In einem Metallguss-Simulator wird die Wechselwirkung zwischen Feuerfestmaterialien und Metallschmelzen verifiziert. Neben Pulver- und Schlickercharakterisierung und thermischer Analyse ist die Untersuchung relevanter technischer Eigenschaften wie Biegefestigkeit,



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Festigkeitsprüfung einer Schaumstruktur

E-Modul und Wärmeleitfähigkeit auch bei hohen Temperaturen möglich. Zur Struktur- und Gefügeanalyse der Werkstoffe werden insbesondere Rasterelektronen- und Digitalmikroskopie, EBSD und Computertomographie genutzt.

Die Professur ist eine wichtige Säule in der traditionell sehr praxisnahen Ausbildung im Studiengang Keramik, Glas- und Baustofftechnik und bietet auch Lehrveranstaltungen für Nebenhörer an.

Die Professur für **Glas- und Emailtechnik** hat derzeit 35 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. In der Lehre trägt sie mit acht Lehrveranstaltungen maßgeblich zur Ausbildung im Studiengang KGB bei. Der Lehrstuhl für Glas- und Emailtechnik des IKGB hat seinen Hauptsitz im Rammler-Bau; Technikumsanlagen und Laborräume befinden sich in der Agglomerationshalle, weitere Laborräume in der Lessingstraße. Einige Geräte und Anlagen im Institutshauptsitz, dem

Haus Silikattechnik, werden von allen drei Lehrstühlen genutzt. Prof. Dr. Heiko Hessenkemper ist seit 1995 Lehrstuhlinhaber. Die meisten der ca. 35 Mitarbeiter sind auf Drittmittelbasis beschäftigt.

Im Rahmen des Studiengangs Keramik, Glas- und Baustofftechnik vertritt der Lehrstuhl folgende Lehrveranstaltungen: Grundlagen Glas, Glastechnologie I und II, Glastechnische Fabrikationsfehler, Glaswerkstoffe und Email, Glasrohstoffe, Schmelztechnik, Phasendiagramme kondensierter nichtmetallischer Systeme, Spezielle physikalische Chemie anorganisch-nichtmetallischer Werkstoffe sowie Alternative Baustoffe (Teil), Silikattechnisches Seminar sowie Wissenschaftliches Arbeiten und Präsentationstechniken.

Praktikumsversuche wie Glasschmelze, Stahlblech-Emaillierung, Sol-Gel-Prozess, Viskosität und Optische Messungen machen die Studenten mit verschiedenen Aspekten der Glaswerkstoffe und der Glastechnologie vertraut. Die Betreuung der Industriepraktika und die Organisation von Betriebsexkursionen runden das praxisnahe Ausbildungsangebot ab.

Zur Gewinnung künftiger Studenten werden neue Wege beschritten: Am Lehrstuhl wurde das erste Nachtlabor am IKGB – »Faszination Glas bei Nacht erleben« – organisiert. Außerdem werden die Schülerkollegs »Was Glas alles kann, wo Glas überall drinsteckt« und »Ceramics meet Steel« veranstaltet. In der Forschung sind folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Technologieorientierte industriennahe Entwicklungen und Beratung
- Optimierung der Produktionsprozesse der Massenglasindustrie:
 - Gemenge-, Schmelz- und Formgebungstechnologien
 - Veredlung von Flach- und Hohlglas
 - Nachhaltige Verwendung von Glas in Hochtechnologien
 - Reststoffverwertung
 - Emails und Emailtechnologie

Zahlreiche Projektgruppen arbeiten als eingespielte Teams an vorderster Stelle in der aktuellen Forschung zu Glas, Emailtechnik und Werkstoffoptimierung. Dabei wird auch interdisziplinär mit Arbeitskreisen aus den anderen Fachbereichen kooperiert. Das ermöglicht die Entwicklung neuartiger Materialien und Verbundwerkstoffe, die auch auf ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit ausgelegt sind. Die meisten Projekte wurden mit Industriepartnern, teils über öffentliche Förderung, teils als direkte Forschungsaufträge bearbeitet, bspw.

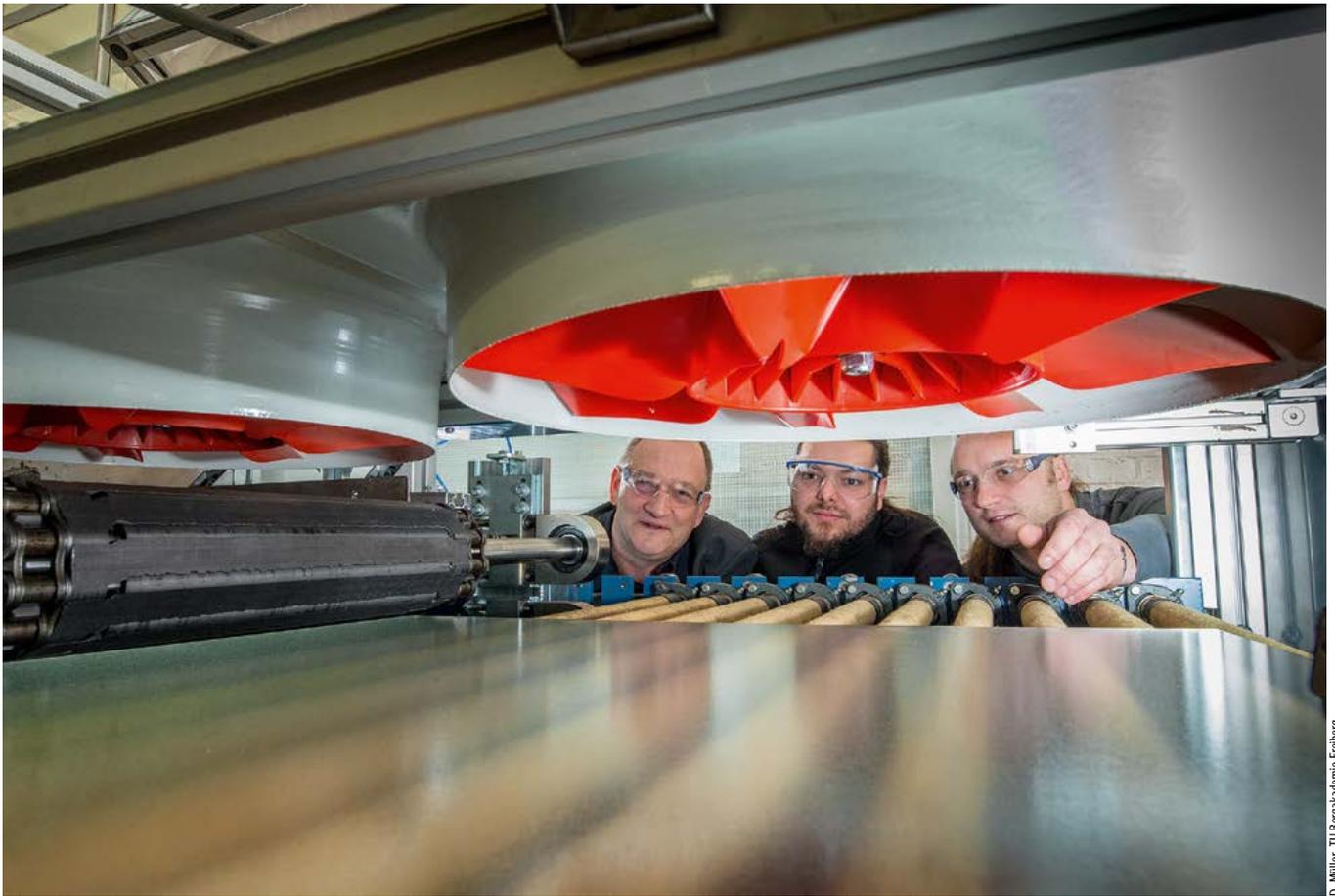
- Herstellung hochwertiger Dachdeckungsmaterialien aus mineralischen Reststoffen
- Verfahren zur Erkennung, Analyse und Bekämpfung von Schaum bei Glasschmelzprozessen
- Bubblingtechnologie mit Mischgas
- Neue Schmiermittel und Formmaterialien für die Behälterglasherstellung
- Verbundvorhaben 2-mm-ESG-Einscheibensicherheitsglas
- Einstufiger Formgebungsprozess für die Hohlglasproduktion
- Standzeitverlängerung von Feuerfestmaterial im direkten Kontakt mit Glasschmelze
- Entwicklung kostengünstiger und umweltschonender Solarthermiekollektoren
- Rußbrandbeständige Edelstahl-emaillierung

Zur Ausstattung gehören diverse Laboröfen zum Schmelzen und Tempern von Glas, Anlagen zum thermischen und chemischen Verfestigen von Glas, UV/VIS/NIR-Spektrometer, Stereo- und Interferenzmikroskope, darunter eine halbindustrielle Glasschmelzwanne, die vor allem für die Industrie von Interesse ist. In der Tageswanne mit ca. 750 kg Inhalt können neue Glaszusammensetzungen und -versätze in größeren Mengen erschmolzen, bestimmte Formgebungsverfahren erprobt, und Glaserzeugnisse in Kleinserie gefertigt werden. Da der



V. Roungos, TU Bergakademie Freiberg

Mitarbeiter der Professur für Keramik



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Prof. Hessenkemper (l.) mit Doktoranden an der Anlage zur Kontaktkühlung

Betrieb so einer Wanne über mehrere Wochen rund um die Uhr aufrechterhalten werden muss, sind dazu mehrere Studenten und Doktoranden des Instituts mit einbezogen, die dabei wertvolle Praxiserfahrung sammeln.

Neben komplexen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben werden auch Labordienstleistungen zu Glas, Emails und Glasuren ausgeführt, wie beispielsweise Untersuchungen an Rohstoffen und Gemengen, Eigenschaftsmessungen an Gläsern und Glasschmelzen, Prüfungen an Emails und Emailierungen, Glas- und Rohstoffanalysen, Tests von Feuerfestmaterial in der Glasschmelze. Der Lehrstuhl Glas- und Emailtechnik hat es sich zur Aufgabe gemacht, in enger Synthese von Forschung und Ausbildung zu Innovation, Effektivität und Nachhaltigkeit in der Glasindustrie und deren angrenzenden Bereichen beizutragen.

Die **Professur für Baustofftechnik** (Prof. Dr. Thomas Bier) hat derzeit zehn Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Am Lehrstuhl liegen langjährige Erfahrungen auf dem Gebiet der Werkstoffentwicklung, Fertigung, Prüfung und Anwendung von hydraulisch gebundenen Werkstoffen vor. In diesem Rahmen

wurden Beiträge zur Entwicklung von Baustoffen auf Geopolymerbasis, von Spezialbetonen zum Tunnelbau, von Fließestrichen, Trockenmörteln und monolithischen, feuerfesten Werkstoffen geleistet. Weiterhin beschäftigt sich die Gruppe mit grundlegenden Untersuchungen und Modellierungen zur Porenstruktur, zur Verarbeitbarkeit bzw. Rheologie von konzentrierten, technischen Suspensionen, zur Charakterisierung von Oberfläche und Porosität feinteiliger Pulver und erhärteter Pasten sowie mit der Hydratation von Bindemitteln. Die Forschungsschwerpunkte sind:

- Trockenmörteltechnologie
- Selbstverdichtender Beton
- Dauerhaftigkeit von Beton und Mörtel
- Feuerfeste Gießmassen
- Rheologie zementgebundener Materialien
- Frühschwinden von Beton und komplexen Mörteln
- Wasserdampfsorption in porösen Werkstoffen

Sie werden sowohl in Kooperation mit Wirtschaftspartnern realisiert als auch von nationalen Institutionen wie DFG, DAAD, AIF etc. finanziert. Die Laborausstattung umfasst Gerätetechnik für die



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Im Bindemittellabor

Probenpräparation und Prüftechnik für verschiedene Eigenschaften der Baustoffe sowie weitere Untersuchungen.

Der Lehrstuhl Baustofftechnik bietet für den Diplom- bzw. Master-Studiengang »Keramik, Glas- und Baustofftechnik« Module zur Baustofflehre und Baustofftechnologie bis hin zu bauchemischen Grundlagen und dem Baustoffdesign (Vertiefungsrichtung: Trockenmörteltechnologie) an. Bei der Betreuung der Studenten – speziell im Bereich von Abschlussarbeiten und Promotionen – ist der Lehrstuhl international aufgestellt, mit guten Kontakten in europäische Länder (Ost- und Südosteuropa) sowie nach Asien und Amerika.

■ **Christos Aneziris, Heiko Hessenkemper, Thomas Bier, Sabine Hönig, Uta Ballaschk**

Innovationskette der Werkstoffe

Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie

Dirk Renker,

Thilo Kreschel, Yvonne Joseph, Elke Niederschlag, Claudia Dommaschk, Madleen Ullmann, Marcel Graf, David Rafaja, Horst Biermann

Gemäß Hightech-Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom Jahr 2006 zählen Werkstofftechnologien zu den zentralen Querschnittstechnologien der Zukunft in Deutschland. So wird im Hightech-Strategie-Dokument festgestellt: »Rund 70 Prozent aller technischen Innovationen hängen direkt oder indirekt von den Eigenschaften der verwendeten Materialien ab.« Weiter hält die Studie fest: »Die werkstoffbasierten Branchen in Deutschland – wie beispielsweise der Fahrzeug- und Maschinenbau, die Chemische Industrie, die Energietechnik, die Elektro- und Elektronikindustrie sowie die Metallerzeugung und -verarbeitung – erzielen zusammen einen jährlichen Umsatz von nahezu 1 Billion Euro und beschäftigen rund 5 Millionen Menschen.« Eine vergleichbare Bedeutung besitzt die Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie auch in den anderen führenden Industrienationen.

Diese Aussagen zur Hightech-Strategie unterstreichen die zentrale Rolle der Materialwissenschaft und der Werkstofftechnologie für Deutschland; in besonderer Weise trifft die Analyse auch für Sachsen zu, da in diesem Bundesland die hohe Kompetenz auf materialwissenschaftlichem und werkstofftechnologischem Gebiet wesentlich zur wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Industrie beiträgt. Das betrifft die Automobil(zuliefer)-Industrie, den Maschinenbau wie auch die Elektronik- und die Halbleiter-Industrie.

Unter den drei sächsischen Technischen Universitäten spielt die Bergakademie auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und der Werkstofftechnologie eine führende Rolle, die durch ein von der materialwissenschaftlichen Grundlagenforschung bis zur angewandten werkstofftechnologischen Entwicklung geprägtes Profil charakterisiert wird. Als Alleinstellungsmerkmal, und damit als Besonderheit, kann der gesamte Kreislauf von der Gewinnung von Rohstoffen

über die Erzeugung von Werkstoffen und diesen entsprechenden Ur- und Umformverfahren, über die Erforschung der Struktur-/Eigenschafts-Beziehungen, den Werkstoffeinsatz bis zum Recycling abgebildet werden. Die Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie deckt hierbei den zentralen werkstoffwissenschaftlichen und werkstofftechnologischen Teil ab. Neben wichtigen, methodisch orientierten Professuren sind insbesondere solche etabliert,



Abb. 1: Praktikum Stahlerzeugung

die sich mit metallischen Werkstoffen, nichtmetallischen Materialien, Verbundwerkstoffen, Nanomaterialien sowie auch Elektronik- und Sensormaterialien beschäftigen. Ergänzt werden diese profilbildenden Fachgebiete durch die materialwissenschaftlich orientierten Arbeitsgruppen der Fakultäten 2 (Chemie und Physik), 3 (Mineralogie) und 4 (Keramik, Glas- und Baustofftechnik, Mechanik sowie Maschinenelemente). Zwischen diesen Fachgebieten bestehen enge Verbindungen in Forschung und Lehre.

Die Studiengänge der Fakultät

Ausbildung zum Allround-Talent: Studiengang »Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie«

Abschluss: Diplom

Verschiedene Studien signalisieren, dass der Bedarf an Absolventen der Werkstoffwissenschaft und der Werkstofftechnologie – unabhängig von Konjunkturschwankungen – überdurchschnittlich hoch bleiben wird. Dank seiner besonderen Profilierung bietet ein Studium der Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie an der TU Bergakademie Freiberg also beste Zukunftschancen für die Absolventen. Interessante Vertiefungsrichtungen, Praktika und Forschungstätigkeiten ermöglichen ein abwechslungsreiches Studium – und das in einer Schlüsseldisziplin für den technischen und technologischen Fortschritt im Energiezeitalter. Innovative Materialien für neue Anwendungen – dieser Herausforderung stellen sich Werkstoffwissenschaftler und -technologien. Ob Materialien für neue Speicherchips, superleichte Werkstoffe für Flugzeuge oder intelligente Stähle mit Gedächtnis – die Eigenschaften der Produkte von Morgen hängen von einschlägigen Visionen und Lösungen ab. Die TU Bergakademie Freiberg bietet in ihrer Ausbildungsagenda eine bundesweit einmalige

Verbindung von Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie. In engem Kontakt mit der Industrie werden die angehenden Werkstoffingenieure zu Experten für Metalle, keramische Werkstoffe, Nanomaterialien sowie Verbundwerkstoffe ausgebildet. Ob in der Forschung oder in der Industrie: Freiburger Absolventen sind weltweit gefragt.

Der Diplomstudiengang vermittelt Grundlagen sowohl in der Werkstoffwissenschaft als auch in der Werkstofftechnologie. Im **Bereich Werkstoffwissenschaft** steht die Aufklärung der Beziehungen zwischen Struktur (Kristall-



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Abb. 2: Strukturanalyse als wichtiger Ausbildungsinhalt

struktur und Gefüge) und Eigenschaften von Werkstoffen im Vordergrund. Weiß man zum Beispiel, wie Legierungselemente Eigenschaften von Stahlwerkstoffen beeinflussen, kann man durch eine gezielte Zugabe solcher Elemente besonders feste oder auch gut verformbare Stähle herstellen. Besonders relevant ist dabei die Entwicklung von Werkstoffen mit physikalischen und chemischen Eigenschaften, die für die Industrie besonders interessant sind. Beispielsweise benötigt der Maschinen- und Fahrzeugbau Werkstoffe, die die Entwicklung leichter, oft dünner und trotzdem extrem belastbarer Bauteile und Komponenten ermöglichen. Im **Bereich Werkstofftechnologie** wird die Erzeugung der Werkstoffe (primär Nichteisen- und Eisenwerkstoffe) behandelt, unter Einschluss der dafür notwendigen Anlagen und Verfahren. Unmittelbar damit verbunden ist auch der Aspekt des Werkstoffrecyclings. Der zweite wesentliche Punkt, der die Freiburger Werkstofftechnologie kennzeichnet, ist die Wissensvermittlung für das Gebiet der Verarbeitung der Werkstoffe, wobei den Studierenden die breite Palette von Gieß- und Umformverfahren nahegebracht wird.

Studienablauf: Die Regelstudienzeit beträgt zehn Semester. Im Grundstudium (1. bis 4. Semester) werden Grundlagen in Mathematik, Physik, Chemie und den Ingenieurwissenschaften sowie Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie vermittelt. 20 Prozent der Lehrveranstaltungen sind Praktika. Mit dem Beginn des Hauptstudiums wählen die Studenten eine von sechs möglichen Studienrichtungen, die im Folgenden kurz skizziert werden.

Werkstoffwissenschaft: Struktur-/Eigenschafts-Beziehungen in metallischen und keramischen Werkstoffen sowie deren Verbunden als Grundlage für das Werk-



Edhardt-Milner

Abb. 3: Umformtechnologie auf modernstem Niveau: Herstellung von Mg-Bändern

stoffdesign, Funktion von Mikrostrukturfdefekten sowie ihr Einfluss auf die Funktionalität der Werkstoffe, die Entwicklung und Optimierung neuer Werkstoffe auf der Basis einer thermodynamischen und reaktionskinetischen Modellierung, Methoden der modernen Struktur- und Mikrostrukturanalytik.

Werkstofftechnik: Verhalten von Werkstoffen unter mechanischen, tribologischen, thermischen und korrosiven Beanspruchungen, werkstofftechnische Maßnahmen zum werkstoffgerechten Bauteiledesign wie Wärmebehandlung, Randschichttechnik, Korrosionsschutz und Fügetechnik.

Nichteisenmetallurgie: Verfahren und Anlagentechnik zur Erzeugung und Verarbeitung von Nichteisenmetallen, Grundlagen und Anwendungen der Pyro- und Hydrometallurgie, Thermodynamik und Kinetik metallurgischer Prozesse, Recycling und Kreislaufführung von Nichteisenmetallen, Erzeugung von Halbleitermaterialien, Technologie und Anwendung von seltenen Hochtechnologiemetallen.

Stahltechnologie: Metallurgie und Technologie der Eisen- und Stahlerzeugung einschließlich der Entwicklung neuer Stahlwerkstoffe; einschlägige theoretische Grundlagen, Kenntnisse der Thermodynamik und der Kinetik, Verfahren und Anlagen zur Herstellung aller Arten von Eisenwerkstoffen, Modellierung metallurgischer Prozesse, Einstellung von Werkstoffeigenschaften, Nachbehandlung, Anwendung und Recycling von Eisenwerkstoffen.

Gießereitechnik: Fundiertes Wissen zum Fertigungsverfahren Gießen: Guss-

körperbildung, Gusswerkstoffe und entsprechende Schmelztechnik, Formstoffe und Formverfahren, Dauerformverfahren, Gestaltung und Planung des Gießereiprozesses, Aspekte des Recyclings und des Umweltschutzes sowie der Qualitätssicherung als integrale Bestandteile.

Umformtechnik: Fertigungsverfahren (Massiv- und Blechumformung) mit Fokus auf die Wechselwirkung zwischen Prozess, Umformverhalten und Entwicklung der Eigenschaften metallischer Werkstoffe; Modellierung, Simulation und Entwicklung von Stahl- und Nichteisenwerkstoffen sowie Technologien zu deren Herstellung, Veredelung durch Beschichtung sowie Weiterverarbeitung zu Bauteilen oder komplexen Komponenten; Entwicklung neuer Anlagenkonzepte unter Berücksichtigung von Werkstoffevolution, Qualitätssicherung, Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz.

Studiengang »Fahrzeugbau: Werkstoffe und Komponenten«

Abschluss: Bachelor, Master, Diplom

Die Automobilindustrie ist einer der wichtigsten Industriezweige in Deutschland. Moderne Werkstoffe und Technologien spielen hier eine besondere Rolle. Leichtbaukonstruktionen zur Senkung des Gewichts und damit des Kraftstoffverbrauchs von Fahrzeugen, die Erhöhung der Lebensdauer von Verschleißkomponenten oder neue Technologien für eine material- und energieeffiziente Herstellung wichtiger Komponenten sind hochaktuelle Themen für Forschungs- und Entwicklungsabteilungen führender Automobilhersteller. Der Studiengang »Fahrzeugbau: Werkstoffe und Kompo-

nenen« ist auf die aktuellen Herausforderungen der Branche zugeschnitten. Die Studierenden widmen sich den Fragen des zweckmäßigen Einsatzes von Werkstoffen, ihrer Verarbeitung, Fertigung und Prüfung mit Fokus auf die Anforderungen der Automobilindustrie. Sie eignen sich grundlegende Kenntnisse zur Berechnung, Konstruktion, Fertigung, Werkstoffauswahl, Qualitätsprüfung und zum Recycling von Fahrzeugkomponenten sowie zur Optimierung dieser Prozesskette an. Sie erwerben des Weiteren spezifische Kenntnisse auf dem Gebiet der Entwicklung und des Einsatzes von Fahrzeugkomponenten für den Antrieb, das Fahrwerk, die Karosserie und das Interieur. Dies umfasst auch Aspekte des Beanspruchungsverhaltens der Materialien im Fahrzeugbau sowie ihrer Ver- und Bearbeitung. Dem Grundstudium mit Vermittlung mathematischer, informationstechnischer, natur- und ingenieurwissenschaftlicher Grundlagen folgt das Fachstudium mit Lehrinhalten rund um das Thema Fahrzeugkomponenten. In Praktika erwerben die Studenten ihre erste praktische Erfahrung in der Fahrzeug- bzw. in der einschlägigen Zulieferindustrie.

Studiengang »Nanotechnologie«

Abschluss: Diplom

Materialien mit Strukturdimensionen im Bereich von Nanometern sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie finden in der Mikro- und Nanoelektronik, in der Automobiltechnik, der Medizin- und Energietechnik sowie in elektronischen Konsumgütern ihre Anwendung. Ihre Herstellung erfordert allerdings nicht nur ein grundlegendes Verständnis von Materialeigenschaften und -funktionen. Eine wichtige Herausforderung besteht darin, extrem leistungsfähige Strukturen auf kleinstem Raum unterzubringen. Dazu benötigt man hochpräzise Herstellungs- und Prüfverfahren.

Der Studiengang »Nanotechnologie« bildet Ingenieure für die Erforschung, Entwicklung, Fertigung und Qualitätssicherung elektronischer Bauelemente und Sensoren aus. In dem 10-semesterlangen Diplomstudiengang lernen Studierende, die Funktionen elektronischer Bauelemente, Sensoren und Aktoren zu verstehen und diese durch das Design bzw. Maßschneidern von Materialeigenschaften gezielt einzustellen. Das Studium umfasst neben mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundla-

gen den Erwerb von Kenntnissen in der Werkstoffwissenschaft, der Elektrotechnik, der Elektronik und der Messtechnik. Des Weiteren werden Grundlagen der Erzeugung, der Behandlung und des Einsatzes von Elektronik- und Sensormaterialien sowie der Technologie der Mikro- und Nanoelektronik vermittelt. Das Lehrprogramm wird abgerundet durch die Vermittlung von Kenntnissen der Betriebswirtschaftslehre und des Qualitätsmanagements. Schließlich sieht der Studiengang umfangreiche praktische Tätigkeiten, beispielsweise im universitätseigenen Reinraumlabor und im Rahmen eines Industrieprojekts vor. Die Vertiefung in den letzten Semestern legt das Augenmerk auf die Entwicklung komplexer Prozesse bzw. Bauelemente. Bevorzugte Branchen für die spätere berufliche Tätigkeit sind die Sensorherstellung, die Halbleiterindustrie, die Medizintechnikbranche, die Automobilproduktion, die Elektronikindustrie sowie entsprechende Zulieferindustrien.

Studiengang »Gießereitechnik«

Abschluss: Bachelor

Gießen bedeutet, mit metallischen Werkstoffen im flüssigen und festen Zustand umzugehen, mit Konstrukteuren zusammenzuarbeiten, ressourcenschonende Fertigungstechniken zu beherrschen und wettbewerbsfähige Leistungen durch motivierende Menschenführung zu erreichen. Gießen heißt, nicht nur mit messbaren Faktoren umzugehen. Über die Sache und Vernunft hinausgehend spielen Gefühl und Engagement eine entscheidende Rolle. Die Teamarbeit in der Gießereiindustrie erfordert wegen der Vielfältigkeit ihrer Teilfachgebiete ein hohes Maß an persönlicher Identifikation. Insbesondere kreative Menschen finden bei der Realisierung kundenorientierter Produktideen und bei der Gestaltung innovativer Fertigungsprozesse eine gute Basis für ihre berufliche Selbstverwirklichung.

Der Ingenieur in der Gießerei steht im Spannungsfeld von Natur und Technik. Für ihn verbindet sich die Faszination des fließenden Metalls mit der präzisen Prozesssteuerung seiner Produktionsanlagen. Das Berufsbild des Gießerei-Ingenieurs hat sich in den letzten Jahrzehnten grundlegend geändert. Schmutz, Lärm und unattraktive Arbeitsplätze gehören heute der Vergangenheit an: Umweltorientierte Fertigungsanlagen, bedienerfreundliche Prozesssteuerun-

gen und transparente Produktionsabläufe prägen das Bild.

In den ersten vier Semestern (Grundstudium) erwerben die Studenten solide und umfassende Kenntnisse in den mathematisch-naturwissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen und werkstofftechnologischen Grundlagenfächern. Darüber hinaus wird Basiswissen in den Bereichen Betriebswirtschaftslehre und Recht sowie Informatik vermittelt. Das Hauptstudium stellt die spezifisch gießereitechnischen Fächer in den Mittelpunkt. Auf dem Studienplan stehen u. a. Formstoffe und Formtechnik, Gusswerkstoffe, Gießereiprozessgestaltung, Automatisierungstechnik/Prozesssteuerung sowie Werkstoffprüfung. Die notwendige Praxisnähe der Ausbildung wird im 7. Semester durch eine zwölfwöchige Projektarbeit und die anschließende Bachelorarbeit (zehn Wochen) garantiert. Dieser praxisnahen Ausbildung verdanken die Freiburger Absolventen einen problemlosen Berufseinstieg in alle Bereiche der Gießereiindustrie, des Maschinenbaus, der Zulieferindustrie sowie der Hochschul- und Forschungsinstitute.

Beteiligung an weiteren Studiengängen

Neben den genannten Studiengängen, die in der Verantwortung der Fakultät liegen, sind die Institute auch an Studiengängen anderer Fakultäten beteiligt: beispielsweise an werkstofforientierten Vertiefungen im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen der Fakultät 6 oder am englischsprachigen Masterstudiengang *Computational Materials Science* der Fakultät 4.

Die Institute der Fakultät stellen sich vor

Institut für Nichteisen-Metallurgie und Reinstoffe

Das Institut für NE-Metallurgie und Reinstoffe, das seit der Rekonstruktion des Ledeburbaus im Jahr 2006 mit dem Institut für Eisen und Stahltechnologie in diesem Gebäude untergebracht ist, kann auf eine lange wissenschaftliche Tradition zurückblicken. Bereits mit der Gründung der Bergakademie Freiberg im Jahre 1765 lehrte der in Hainichen geborene Christlieb Ehregott Gellert Metallurgie, Chemie und Probierkunst. Etwa 200 Jahre lang bestimmten die Gewinnung und die Raffination von Metallen aus geoge-

nen Lagerstätten Lehre und Forschung im Bereich des Metallhüttenwesens. Mit dem Rückgang des Bergbaus in Europa wurde die Forschung zu metallhaltigen Sekundärrohstoffen zunehmend wichtiger. Angesichts des sich verschärfenden Wettbewerbs um metallische Rohstoffe ist die Entwicklung innovativer Technologien zur energie-, material- und kosteneffizienten Nutzung sekundärer Metallressourcen von besonderer Bedeutung.

Das heutige Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe ist für eine breite Palette von Nichteisenmetallen auf den Gebieten der Gewinnung, Raffination und Materialveredelung tätig. In den Bereichen Pyrometallurgie, Hydrometallurgie und Halbleiterwerkstoffe stehen zahlreiche klein- und halbtechnische Anlagen zur Realisierung von Forschungsprojekten zur Verfügung.

Unterstützt wird die Arbeit in den technischen Labors durch ein modernes analytisches Labor mit Geräten für naschemische Analysen (ICP-OES, AAS),

stehen zahlreiche Ofenaggregate wie Induktionsöfen, Drehrohröfen und Tiegelöfen zur Verfügung.

Zwei aktuelle Forschungsprojekte mögen zeigen, wie Nutzkomponenten sinnvoll durch pyrometallurgische Behandlungsverfahren recycelt werden können. So ist die Rückgewinnung des strategisch wichtigen Metalls Indium, das u. a. bei der Herstellung von Photovoltaik-Dünnschichtmodulen, Flachbildschirmen, *Touch Screens* und LEDs benötigt wird, Gegenstand thermischer Untersuchungen. Angesichts des stark steigenden Bedarfs an diesem Metall und des chinesischen Produktionsmonopols kommt dem Recycling von Indium eine besondere Bedeutung zu. Dem trägt das Projekt »Simultane Gewinnung von Indium, Blei und Glas durch Recycling von Verbundwerkstoffen« Rechnung, das in enger Kooperation mit dem neu gegründeten Helmholtz Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) und dem Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik

(Abb. 5), Membrananlagen und Elektrolysezellen.

Ein Forschungsschwerpunkt ist die Optimierung von Elektrolyseprozessen für die Metallgewinnung und -raffination mit dem Ziel, die Reinheit der erzeugten Metalle zu erhöhen und den Energieverbrauch zu senken. Die neu entwickelten Verfahren werden gemeinsam mit Industrieunternehmen in die Praxis überführt.

Im Rahmen des von der Krüger-Stiftung geförderten »Freiberger Biohydrometallurgischen Zentrums für strategische Elemente (BHMZ)« wird die gesamte Prozesskette zur Gewinnung von Metallen aus Erzen, Halden und Recyclingmaterial am Beispiel der beiden in Freiberg entdeckten Elemente Indium und Germanium untersucht. Gegenstand dieses Teilprojekts ist die elektrolytische Gewinnung von hochreinem Indium und Germanium aus Prozesslösungen.

In einem von der Industrie geförderten Forschungsprojekt zur Optimierung von Sauerstoffverzehrkathoden (SVK)



Abb. 4: Abstich am ISA-Smelt-Ofen

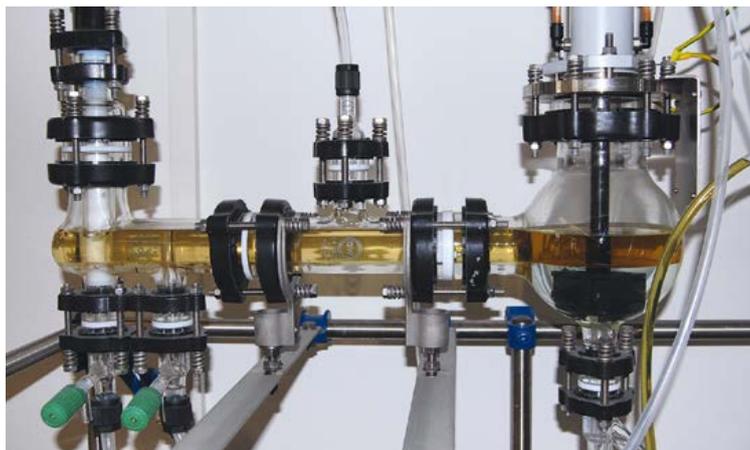


Abb. 5: Mixer-Settler zur Trennung von Stoffgemischen

Feststoff- und Oberflächenanalysen (CS-Analysator, wellenlängendispersive RFA, OES für Metalle, SNMS, Profilometer, Quadrupol-MS), mikroskopische Untersuchungen (Konfokal-Mikroskop, Polarisations-Lichtmikroskop, hochauflösendes REM mit EDX und WDX) und Geräte zur Charakterisierung von Schmelzen (*Sessile Drop*, Hochtemperaturmikroskop).

Eine aktuell besonders bedeutsame Einrichtung im Bereich der pyrometallurgischen Forschung ist die ISA-Smelt-Pilotanlage (Abb. 4), eine in dieser Bauweise weltweit einzigartige Versuchsanlage an einer Universität. Mit ihr können beispielsweise Metalle aus Sekundärrohstoffen und aus primären Blei-, Kupfer- und Zinkmaterialien effizient und energiesparend verarbeitet werden. Zudem

durchgeführt wird. Des Weiteren wird ein neues Schmelzverfahren zur Herstellung von Nickelstein für die Nickelhütte Aue GmbH entwickelt. Ausgangsmaterial für die entsprechenden Untersuchungen sind nickelhaltige Katalysatoren, die bei der Hydrierung von Fettsäuren (Fetthärtung) für die Margarine-Herstellung verwendet werden. Die noch in den Katalysatoren enthaltenen Fette sollen als Energieträger für den Schmelzprozess genutzt werden.

Die Arbeitsgruppe Hydro- und Elektrometallurgie verfügt über ein Technikum mit Laboranlagen zur Weiterentwicklung der einzelnen Prozessstufen der hydrometallurgischen Metallgewinnung und -raffination. Hierzu gehören Laugungsapparaturen, ein Mixer-Settler

wurden neuartige Elektrolyseprozesse zur Herstellung von Silberpulver entwickelt, die derzeit in den technischen Maßstab überführt werden. Das elektrolytisch erzeugte Silberpulver ist die elektrochemisch aktive Komponente in den SVK, die im Chlor-Alkali-Elektrolysebad herkömmliche Kathoden ersetzen. Dies ermöglicht bis zu 30 % Energieeinsparung und eine Reduzierung der CO₂-Emissionen. Weiterhin wird für ein großes internationales Unternehmen das Verhalten ausgewählter Edelmetalle bei der Kupfergewinnungselektrolyse untersucht. Es soll ein Verfahren entwickelt werden, das es erlaubt, die Edelmetalle aus den Elektrolytlösungen zu gewinnen und die Edelmetallverluste zu minimieren.

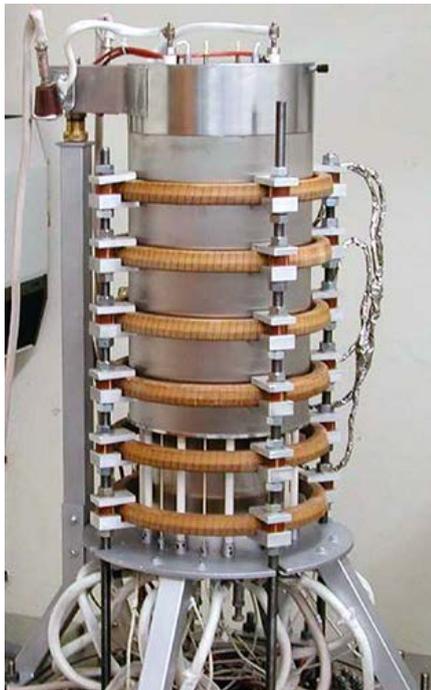


Abb. 6: Kristallzuchtsofen mit wanderndem Magnetfeld



Abb. 7: Aus der Gasphase abgeschiedener GaN-Kristall

Der Arbeitsgruppe Halbleiterwerkstoffe stehen verschiedene Öfen für die Züchtung von mono- und polykristallinen Halbleiterwerkstoffen aus der Schmelze (Hochtemperatur-Induktionsofen, Öfen zur Kristallzucht unter dem Einfluss von rotierenden und wandernden Magnetfeldern) (Abb. 6) sowie ein Hochtemperaturreaktor zur Züchtung aus der Gasphase zur Verfügung.

Im Rahmen des Spitzentechnologieclusters der sächsischen Landesexzellenzinitiative »Funktionales Strukturdesign neuer Hochleistungswerkstoffe durch Atomares Design und Defekt-Engineering (ADDE)« und der Helmholtz-Allianz »Liquid Metal Technologies (LIMTECH)« werden mehrere Projekte bearbeitet. Neben der Optimierung der Eigenschaften der Kristalle bei der Züchtung von polykristallinem Silicium werden Modelle zur Simulation der Schmelzströmung, des Stofftransports und der Grenzflächenreaktionen bei der Kristallzucht im Induktionsofen entwickelt. Zudem

wird an der Entwicklung eines chlorfreien Verfahrens zur Herstellung von Galliumnitrid-Schichten gearbeitet (Abb. 7).

Im Rahmen des BMU-Verbundprojekts »Entwicklung hoch- und kosteneffizienter PV-Si-Wafer (ENOWA)« erfolgt die experimentelle Strömungsmodellierung für die gerichtete Kristallisation von Siliciumschmelze.

Institut für Elektronik- und Sensormaterialien



Abb. 8: Institut für Elektronik- und Sensormaterialien

Das Institut für Elektronik- und Sensormaterialien wurde am 1. März 2007 gegründet und befindet sich im Gebäude des ehemaligen Instituts für Keramische Werkstoffe (Abb. 8).

Am Institut steht im Wesentlichen ein Bereich der Innovationskette der Werkstoffe im Zentrum: die Veredlung. Dabei werden aus Grundchemikalien und -materialien Produkte mit definierten Funktionen hergestellt. Hierbei werden insbesondere die Material- und Energieeffizienz sowie die Umweltverträglichkeit des Herstellungsprozesses berücksichtigt, um eine in der Zukunft stärker ressourcenschonende Produktion zu ermöglichen. Im Fokus der Untersuchungen finden sich Produkte, die Funktionsmaterialien mit nanoskaligen Abmessungen enthalten, deren große Oberflächen mit ihrer Umgebung wechselwirken können und hauptsächlich daraus ihre Funktion generieren. Kernanwendungsfelder solcher grenzflächenbestimmter Funktionsmaterialien sind Informations- und Kommunikationstechnologien sowie energie-, umwelt- und gesundheitsrelevante Anwendungen. Dabei sind besonders die heterogene Katalyse, chemische Sensoren, Aktoren, Gasspeicherung und -trennung, die molekulare Elektronik und funktionale Oberflächenbeschichtungen von Interesse. Viele dieser funktionalen Produkte können dann auch indirekt in anderen Bereichen der Werkstoffinnovationskette wirksam werden, um Prozesse, die für die Wertschöp-

fung und die Effizienz wichtig sind, zu überwachen bzw. zu optimieren.

Für die Entwicklung derartiger Funktionsmaterialien ist die Aufklärung von Struktur-/Funktions-Beziehungen grundlegend. Um sie zu erreichen, wird am Institut für Elektronik- und Sensormaterialien ein rationales Materialdesign, kombiniert aus intelligenter chemischer Materialsynthese mit umfangreicher Materialcharakterisierung und anschließender Funktionsprüfung, umgesetzt. Dabei werden die Erkenntnisse aus den Bereichen Materialsynthese, Charakterisierung und Funktionsprüfung miteinander korreliert, um so eine komplexe Einsicht in die jeweilige Struktur-Funktionsbeziehung zu erhalten. Die Forschungsfelder des Instituts für Elektronik- und Sensormaterialien ordnen sich auf dieser Basis in die folgenden Bereiche der Innovationskette der Werkstoffe mit den nachfolgenden Schwerpunkten ein:

Veredlung von Chemikalien und Materialien

- Herstellung von Nanomaterialien – mit Fokus auf dem *Bottom-up*-Prinzip
- Beschichtungstechnologie, insbesondere unter Anwendung nasschemischer Techniken
- Charakterisierung von Porositäten, Oberflächenladungen und spektroskopischen Eigenschaften von Materialien
- Elektrische, sensorische und separative Funktionscharakterisierung

Entlang der gesamten Prozesskette

- Technologische Entwicklungen zur Herstellung von neuartigen elektronischen Nanobaulementen, beispielsweise Datenspeichern
- Nanoporöse Materialien für neuartige anorganische Membranen, beispielsweise für die Trennung komplexer Erdgasgemische
- Nanokomposite für chemische Sensoren in der Gasphase, beispielsweise für die Lebensmittelanalytik
- Keramische Materialien für die glaselektrodenfreie pH-Messung, beispielsweise für die Prozessüberwachung
- Sensoren für Prozesse unter extremen Bedingungen, beispielsweise zur Schwefeldetektion bei der Float-Glas-Herstellung
- Biosensoren, beispielsweise für Umweltanalysen

Vor dem Hintergrund, dass bei vielen, auch als Megatrends bezeichneten, ressourcenrelevanten Zukunftsthemen vernetzte technische Geräte eine immer



D. Müller, TU Bergakademie Freiberg

Abb. 9: Nanomaterialsynthese im chemischen Labor des IESM



Foto: IESM

Abb. 10: Quarzmikrowaage und Beschichtungszellen zur nasschemischen Beschichtung

größere Rolle spielen werden, ist das Forschungs- und Entwicklungspotenzial aus technologischer und Werkstoff-Sicht noch lange nicht ausgeschöpft.

Für die Erfüllung seiner Aufgaben in Lehre und Forschung stehen dem Institut 1.800 m² Labor- und Bürofläche zur Verfügung. Zudem wird der universitäts-eigene Reinraum in Zusammenarbeit mit den physikalischen Instituten der Bergakademie genutzt. Die nachfolgende Auflistung nennt die wesentlichen derzeit betriebenen Versuchsanlagen.

Synthese- und Beschichtungslabore

- Chemisches Labor für *Bottom-up*-Nanomaterialsynthesen inklusive diverser Abzüge für organische Lösemittel, Nanopulver und HF
- Geräte und Anlagen zur Synthese unter Schutzgas (Glovebox, Schlenkline)
- Zentrifugen, Mühlen, Dispergierer
- Anlagen für Oberflächenbehandlungen (Plasmaätzter, Ozonreiniger, Silanisierungsgerät)
- Anlagen für nasschemische Beschichtungen (Langmuir-Trog, Siebdrucker, *Dip coating*, *Spin coating*, *Drop coating*, Selbstassemblierungen)
- Quarzmikrowaage zur Verfolgung von Beschichtungsreaktionen in Flüssigkeiten (Abb. 10)
- Geräte zur Probentrocknung (Gefrier-trockner, Kritisch-Trockner, Trockenschränke)



Foto: Eckardt Müllerer

Abb. 11: Sputteranlage im Reinraumlabor

- Temperaturbehandlung (Muffel- und Rohröfen) in unterschiedlichen Atmosphären
- Drucksinteranlagen

Charakterisierungslabore

- Anlagen zur Partikelgrößenmessung über dynamische Lichtstreuung
- Anlage zur Charakterisierung von Oberflächenladungen
- UV-Vis Spektrometer
- Anlage zur Messung von Strömungspotenzialen
- Anlagen zur Messung von Porositäten (BET und Coulter)
- Probenvorbereitung für die Elektronenmikroskopie (Kathodenzerstäuber, Schliffpräparation)
- Raster-Kraftmikroskop
- Stereo- und Lichtmikroskope mit digitaler Bildanalyse

Funktionslabore

- Zwei 4-Spitzenmessplätze zur elektrischen Charakterisierung von Bauelementen
- Gas- und Flüssigkeitsmischsysteme zur sensorischen Charakterisierung
- Gas- und Flüssigkeitsmessstände zur separatorischen Charakterisierung
- Elektrochemische Messtechnik
- Elektrische Messtechnik (C/V, I/V, Impedanz und DLTS)

Reinraumlabor

- Lithographiebereich zur Strukturierung
- nasschemischer Bereich für Ätz- und Reinigungsschritte
- Ofen- und CVD-Bereich zur Temperaturbehandlung und chemischen Schicht-Abscheidung
- ALD-Anlagen zur Abscheidung einzelner Atomlagen

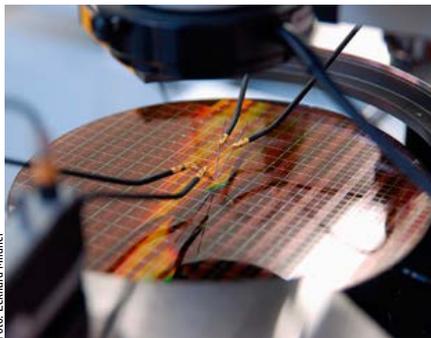


Foto: Eckhard Mülhner

Abb. 12: Elektrische Charakterisierung von Bauelementen

- PVD-Bereich zur physikalischen Schichtabscheidung (thermisches Verdampfen und Sputteranlage) (Abb. 11)
- ein Trockenätzcluster
- PECVD-Anlage zur Schichtabscheidung bei geringen Temperaturen
- Charakterisierung der erzeugten Schichten und Strukturen (spektrales Ellipsometer, Profilometer) (Abb. 12)

Mit den genannten Forschungseinrichtungen und dem zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen und technischen Fachpersonal ist es möglich, Forschungsprojekte zu grundlegenden und anwendungsnahen Fragestellungen in den Bereichen grenzflächenbasierter Funktionsmaterialien zu bearbeiten. Dabei wird mit einer Reihe anderer Institute der Bergakademie sowie mit Forschungseinrichtungen und Industriepartnern im In- und Ausland kooperiert.

Institut für Eisen- und Stahltechnologie

Mit der am 1. Dezember 1874 erfolgten Berufung des Gröditzter Hüttenmeisters Adolf Ledebur zum Professor für Eisenhütten- und Salinenkunde und Leiter des Eisenhüttenlaboratoriums wurde die bereits zuvor an der Bergakademie etablierte hüttenmännische Ausbildung stark erweitert. Der Beginn des Wirkens von Ledebur in Freiberg ist als Gründungsdatum des heutigen Instituts für Eisen- und Stahltechnologie anzusehen. Seine weitere Geschichte wird, die prä-institutionelle Ära einschließend, in einem Sammelband ausführlich dargestellt, der zum 250. Gründungstag der Bergakademie erschien.¹

Der im Fokus der Eisenmetallurgie stehende Werkstoff Stahl ist seit langer Zeit der weltweit wichtigste Konstruktionswerkstoff und wird dies auf absehbare Zeit auch bleiben. Dies äußert sich

¹ Lychatz, Bösler (Hg.): Die Freiburger Eisenhüttenkunde, Freiberg 2014.



Abb. 13: Ledebur-Bau, Hauptgebäude

unter anderem darin, dass die Weltjahresproduktion in den letzten 30 Jahren stark gestiegen ist und 2013 einen Umfang von 1,6 Milliarden Tonnen Rohstahl erreicht hat.² Im Wettbewerb mit anderen Konstruktionswerkstoffen spielen neben anderen solche Faktoren wie Verfügbarkeit von Rohstoffen, gezielt einstellbare Verarbeitungs- und Nutzungseigenschaften, spezifische Masse sowie Energieaufwand bei seiner Herstellung eine entscheidende Rolle. Trotz der Tatsache, dass Eisen als Hauptkomponente des Werkstoffs Stahl mit einem Masseanteil von ca. 4,7% das vierthäufigste chemische Element in der Erdkruste ist und somit eine hohe Rohstoffverfügbarkeit besteht, ist die Wiederverwendung von stahlhaltigen Produkten nach dem Ende ihrer Nutzungsdauer durch den Einsatz als Schrott in metallurgischen Prozessen im Sinne geschlossener Stoffkreisläufe und der Nachhaltigkeit Stand der Technik.

Kontinuierliche Entwicklungen in den Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien sowie im Bereich der Stahlwerkstoffe selbst ermöglichen es der Stahlindustrie heute, den Anwendern maßgeschneiderte Lösungen in Gestalt von Werkstoffen mit optimierten Eigenschaftsprofilen bereitzustellen. Vor dem Hintergrund, dass mehr als 2000 Stahlsorten genormt sind, diese aber auch einer steten Modifizierung hinsichtlich Legierungskombinationen und Eigen-

² Quelle: Stahlinstitut VDEh, www.stahl-online.de, Mai 2014

schaftsprofilen unterliegen, ist das Forschungs- und Entwicklungspotenzial aus technologischer und Werkstoffsicht noch lange nicht ausgeschöpft.

Die Forschungsfelder des Instituts für Eisen- und Stahltechnologie mit der Professur für Eisen- und Stahlmetallurgie ordnen sich auf dieser Basis in zwei Bereiche der Innovationskette der Werkstoffe ein: die Metallurgie und die Werkstoffentwicklung mit den nachfolgenden Schwerpunkten:

Metallurgie der Eisen- und Stahlerzeugung

- Technologische Entwicklungen zur Herstellung von Eisen und Stahl
- Transportphänomene und Reaktionsabläufe in der Metallurgie
- Metallurgische Prozesstechnik und Prozessmodellierung
- Gießen und Erstarren von Stählen
- Grenzflächeneffekte, Verhalten nichtmetallischer Einschlüsse
- Physikalisch-chemische Eigenschaften von Stählen und Schlacken

Entwicklung von Stahlwerkstoffen

- Entwicklung/Anwendung von Stählen und neuen Legierungsvarianten
- Phasenumwandlungen und Gefügebildungsprozesse
- Wärmebehandlung von Stahlwerkstoffen
- Modellierung und Simulation von Gefüge-/Eigenschafts-Beziehungen

Für die Erfüllung der Aufgaben in Lehre und Forschung stehen dem Institut mit dem Gebäudekomplex Ledebur-Bau ne-



Abb. 14: Vakuum-Induktions-Schmelz- und Gießanlage



Abb. 15: Schmelzversuch am Mittelfrequenz-Induktionsofen

ben Lehr- und Laborräumen seit mehr als 80 Jahren auch eigene technologische Versuchsfelder zur Verfügung. Der Gebäudekomplex wurde bis 2006 vollständig und umfassend saniert und wird seitdem gemeinsam mit dem Institut für NE-Metallurgie und Reinstoffe genutzt, *Abb. 13*. Das Institut für Eisen- und Stahltechnologie verfügt hierin neben Lehr-, Labor- und Praktikumsräumen auch über zwei Versuchshallen, in denen die technologischen Versuchsanlagen konzentriert sind. Die nachfolgende Aufstellung zeigt die wesentlichen derzeit betriebenen Forschungseinrichtungen.

Schmelzmetallurgisches Versuchsfeld

- Vakuum-Induktions-Schmelz- und Gießanlage, *Abb. 14*
- Hoch- und Mittelfrequenz-Induktionsöfen, *Abb. 15*
- Elektro-Schlacke-Umschmelzanlage
- Verdünnungsanlage zur Herstellung von Metallpulvern
- Schwebeschmelzanlage
- Kalttiegelanlage
- Heißthermoelementanlage
- Anlagen zur Messung von Oberflächenspannung, Viskosität, Benetzung sowie des Aufschmelz- und Erstarrungsverhaltens von Schlacken

Technikum Wärmebehandlung

- Vakuum-Wärmebehandlungsanlage mit Hochdruck-Gasabschreckung (Stickstoff und Helium) mit Arbeitstemperaturen bis zu 1.300 °C, *Abb. 16*
- Schutzgasöfen mit Arbeitstemperaturen bis zu 1.400 °C
- Muffelöfen mit Arbeitstemperaturen bis zu 1.750 °C
- Salzbadöfen mit Arbeitstemperaturen bis zu 950 °C

Labor für Phasenanalyse

- Abschreck- und Umformdilatometer mit Tieftemperaturausrüstung
- Präzisionskalorimeter (DSC), Temperaturbereich -120 °C bis 1.650 °C
- Raster-Elektronenmikroskop mit EDX/WDX
- Konfokales Laser-Scanning-Mikroskop für die in-situ Beobachtung von Metallen und Schlacken bis 1.700 °C
- Stereo- und Lichtmikroskope mit digitaler Bildanalyse
- Härte- und Mikrohärteprüfgeräte
- Pendelschlagwerk zur Durchführung von Kerbschlag-Biegeversuchen mit Tieftemperaturausrüstung

Metallurgische Analytik

- Optische Emissionsspektrometer (Funkenemission, ICP)
- Röntgenfluoreszenzspektrometer

- Analysegeräte für Kohlenstoff, Schwefel, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff
- Elektrochemische Messtechnik für Korrosionsuntersuchungen
- Ausrüstung für nasschemische Untersuchungen und Ausscheidungsanalytik

Mit den genannten Forschungseinrichtungen und dem zur Verfügung stehenden Fachpersonal ist es möglich, Forschungsprojekte zu grundlegenden, insbesondere jedoch auch zu anwendungsnahen Fragestellungen in den Bereichen Erzeugung, Verarbeitung, Recycling und Eigenschaften von Eisen und Stahl zu bearbeiten. Dabei wird mit einer Reihe anderer Institute der Bergakademie sowie mit Forschungseinrichtungen und Industriepartnern im In- und Ausland kooperiert. Dies spiegelt sich wider in



Abb. 16: Vakuum-Wärmebehandlungsanlage mit Hochdruck-Gasabschreckung



Abb. 17: Versuchshalle des Gießerei-Instituts

der Mitwirkung an Großprojekten wie im DFG-Sonderforschungsbereich SFB 799 »TRIP-Matrix-Composite« mit Teilprojekten in den Bereichen Stahl-Design, Verdüsung und Modellierung des TRIP- und TWIP-Effekts austenitischer Stähle oder auch in der Funktion als kooperierendes Institut innerhalb des Zentrums für Innovationskompetenz »VIRTHUCON«. Darüber hinaus werden öffentlich und direkt von der Industrie geförderte Projekte bearbeitet, die sich beispielsweise mit innovativen Stahlkonzepten für Wärmeübertrager in Leichtbauweise, mit der Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften von martensitisch-austenitischen nichtrostenden Stählen, dem Desoxidationsmitteleinsatz in Stahlwerken oder auch der Bewertung neuer Dolomitprodukte und deren Einsatz im metallurgischen Prozess beschäftigen.

Gießerei-Institut

Die Anfänge der gießereitechnischen Forschung und Ausbildung in Freiberg gehen auf Adolf Ledebur zurück, der 1875 zum ersten Professor für Eisenhüttenkunde berufen wurde. Im Ergebnis der weiteren Entwicklung dieser speziellen Fachrichtung wurde 1942 das Gießerei-Institut gegründet. Zum heutigen Gießerei-Institut gehört eine Versuchsgießerei



Abb. 18: Druckgießmaschine

(Abb. 17), die alle technologischen Stationen der Gussteilefertigung vereint und dadurch beste Voraussetzungen für Lehre und Forschung bietet. Eine leistungsfähige Druckgießmaschine (Abb. 18), vier Induktionsschmelzanlagen, eine Kaltkammer-Vakuumschmelzanlage (Abb. 19), verschiedene Mischer, Formanlagen, eine Kernschießmaschine sowie die Möglichkeit der Herstellung von Feingussformen sind einige Beispiele für die hervorragende Ausstattung des Versuchsfeldes. Für

die Prozess- und Werkstoffanalytik werden praktiziert:

- Thermoanalyse
- Funkenspektroskopie
- Kohlenstoff-Schwefel-Analyse
- Sauerstoffaktivitäts-Messung
- Röntgenographie
- Metallographie
- Stereo- und Lichtmikroskopie
- Zugprüfungsmessung (Hochtemperatur-Vorrichtung)
- Universalhärteprüfung



Abb. 19: Vakuumschmelzanlage

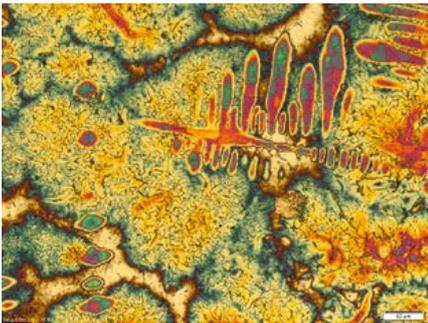


Abb. 20: Grafitstruktur von Gusseisen mit Lamellengrafit

Im ebenfalls zum Gießerei-Institut gehörenden, sehr gut ausgerüsteten Formstofflabor ist eine umfassende Formstoffanalyse und -prüfung möglich. Dazu zählen beispielsweise:

- Formstoffprüfungen bei Raum- und Hochtemperatur
- Messung von Universalfestigkeit, Gasdurchlässigkeit, Formstofffließbarkeit, Verdichtbarkeit, Abriebfestigkeit
- Messung von Nasszugfestigkeit, Druckspannung, Heißscherfestigkeit, Heißdruckfestigkeit, Hot-Distortion, Gasentwicklung, Sinterverhalten, Dilatation
- Prüfungen von Formgrundstoffen
- Messung der Viskosität, des pH-Werts, der elektrischen Leitfähigkeit, des Methylenblau-Werts (Aktivtongehalt), der Korngrößen (Siebanalysen)

Zahlreiche am Institut laufende Forschungsvorhaben werden direkt mit der Gießerei- und der Zulieferindustrie durchgeführt. Im Bereich innovativer Werkstoffentwicklungen laufen derzeit Arbeiten zu Eigenschaftsverbesserungen neuer, zukunftssträchtiger Aluminiumlegierungen, ferner auf dem Gebiet der Eisenguss- sowie der Verbundwerkstoffe. Dabei spielt die Forderung der Industrie nach Realisierung von Leichtbauprojekten eine große Rolle. Mit Arbeiten zu

alternativen Formverfahren, mit dem Konzept zur Prozessverkürzung und zur Integration der numerischen Simulation zur Quantifizierung der Prozesse bei der Gusskörperbildung sowie den Arbeiten zu innovativen Gießtechnologien werden die Grundlagen für neue Prozesskonzepte in der Gießerei geschaffen.

Die Mitarbeit in den beiden Sonderforschungsprojekten SFB 799 »TRIP-Matrix Composite – Design von zähen, umwandlungsverstärkten Verbundwerkstoffen und Strukturen auf Fe-ZrO₂-Basis« sowie SFB 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials« machen einen wichtigen Teil der Forschungsarbeiten am Gießerei-Institut aus.

Weitere, ausgewählte Forschungsprojekte beschäftigen sich mit den Mechanismen der Grafitausscheidung in Fe-C-Si-Legierungen (Abb. 20), der Verbesserung der Energieeffizienz beim Aluminiumguss durch nanostrukturierte Oxide und Additive, der Entwicklung innovativer, schirmungsfreier und kostengünstiger Bremsscheiben, der Entwicklung von Sensorik zur Charakterisierung der Formkastenfüllung sowie des Verdichtungsverhaltens bentonitgebundener Formstoffe oder der Optimierung gasbeheizter Aluminiumschmelzöfen durch Untersuchungen zur Abbrandminimierung und Wärmerückgewinnung

Mit seiner technologischen Ausrichtung und den Forschungsschwerpunkten reiht sich das Gießerei-Institut in die Werkstoffkette Erzeugung-Technologie-Strukturanalyse-Recycling ein, die die Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie optimal abdeckt.

Beim seit 1991 jährlich stattfindenden Ledebur-Kolloquium treffen sich Absolventen und Fachkollegen aus dem In- und Ausland zum Erfahrungsaustausch und zum Kennenlernen neuer Forschungs- und Entwicklungstrends in der Gießereibranche.

Institut für Metallformung

Das Lehr- und Forschungsgebiet des Instituts für Metallformung (Abb. 21) liegt im Bereich der Werkstoff- und Umformtechnologie, gekennzeichnet durch eine enge Verflechtung zwischen werkstoffspezifischen und verfahrenstechnischen Aspekten. Bereits 1928 wurde an der Bergakademie von Otto Emicke ein umformtechnischer Lehrstuhl ins Leben gerufen. Er war der erste seiner Art, der an einer Hochschule gegründet wurde.

Das Institut für Metallformung der TU Bergakademie Freiberg besitzt mit seinen Ingenieuren und Mitarbeitern langjährige und umfangreiche Erfahrungen bei der Herstellung und technischen Prüfung von Halbzeugen und Fertigprodukten aus Stahl und Nichteisenwerkstoffen. Es befasst sich außer mit der Herstellung und Weiterverarbeitung von Blechen und Bändern, Stabstahl, Draht und Profilen sowie Schmiedeteilen u.a. mit der Ermittlung unterschiedlicher Werkstoffparameter sowie der Modellierung umformtechnischer Prozesse. Diese Herangehensweise hat dem Institut für Metallformung zur Wertschätzung in der Fachwelt verholfen. Das spiegelt sich nicht zuletzt in der engen Zusammenarbeit mit weltweit agierenden Industriepartnern und Forschungseinrichtungen wider. Dafür stehen zahlreiche techni-



Abb. 21: Labor- und Institutsbereiche des Hauses Formgebung



Abb. 22: 10-MN-ölydraulische Universalumformpresse (links), unter anderem mit der Möglichkeit des Freiformschmiedens (rechts)

sche Anlagen (teilweise weltweit unikal) zur Verfügung:

- Halbkontinuierliches Warmwalzwerk für Stabstahl/Draht oder Band
- Gießwalz- und Bandwalzanlage für Leichtmetalle (vorrangig Magnesium)
- Duo- und Quartowalzwerke für das Warm- und Kaltwalzen von Bändern
- 10 MN ölydraulische Universalumformpresse (Abb. 22)
- Simulations- und Prüfsysteme zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten im ein- oder mehrachsigen Spannungszustand unter Berücksichtigung unterschiedlicher Aufheizmodi mit der Möglichkeit der Umformung aus der Erstarrungshitze
- Drahtzieheinrichtungen für Stangen- und Rohr- sowie Trommelzug
- Blechprüfmaschine BUP 600
- Zugprüfmaschinen AG50 und AG100 mit Halogenstrahlungsöfen
- Pendelschlagwerk für Kerbschlagbiegeprüfungen bis $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Mikro- und Makrohärteprüfer nach Vickers, Rockwell und Brinell
- Verschiedene Öfen (Umluft- und Strahlungsöfen) mit optionaler Schutzgasatmosphäre (Argon, Stickstoff, Wasserstoff) und gesteuerter Temperaturführung
- Soft- und Hardware für die numerische Simulation von Prozessen der Warm- und Kaltumformung
- Spritzgießmaschine und Sinterofen für die Pulvermetallurgie
- Metallographielabor mit Auflichtmikroskopen mit bis zu 1000-facher Vergrößerung

Die Walzwerkstechnologie (Abb. 23) ist eine von vielen am Institut für Metallformung praktizierten Arten von Umformverfahren und Bestandteil der gesamten Entwicklung, in deren Fokus die Werkstofftechnologie steht.

Die heutigen und künftigen Aktivitäten erfassen einerseits den Werkstoff mit seinen inhärenten Eigenschaften – von der Oberfläche bis zum lokalen Gefügeaufbau. Auch werden alle Verfahren und die metallkundlichen Grundlagen der Prozesse innerhalb der geschlossenen Kette vom Gusszustand bis zum Halbzeug bzw. zur Halbzeugverarbeitung berücksichtigt. Das Bestreben, die Prozesskette mit angemessenen Modellen, die auch die Werkstoffevolution hinreichend berücksichtigen, beschreiben zu können, setzt dabei einen hohen Maßstab.

Die Forschungsschwerpunkte auf dem Gebiet der Werkstofftechnologie konzentrieren sich auf die Entwicklung von neuen, mittels Legierungsmaßnahmen maßgeschneiderten metallischen Werkstoffen sowie auf die verfahrenstechnischen Möglichkeiten der Technologiegestaltung. Dabei werden die Anforderungen von Bauteilen am Einsatzort bei der Gestaltung von Werkstoffeigenschaften bereits im Zuge von deren Planung mitberücksichtigt. Auf dem Gebiet der Warmumformung geschieht das durch gezielte Nutzung der Gießhitze bzw. der thermomechanischen Behandlung des Werkstücks in Kombination mit der Kühltechnologie für die Umformhitze. Bei kalt umgeformten Halbzeugen bzw. Bauteilen werden die Wechselwirkungen



Abb. 23: Halbkontinuierliche Walzanlage in der Draht- (oben) und in der Bandkonfiguration

zwischen Umformbedingungen und den aus ihnen resultierenden mechanischen Eigenschaften – einschließlich der mikrostrukturellen Entwicklung – sowie die speziellen physikalischen Eigenschaften erfasst. Dabei sind sowohl klassische Werkstoffe wie Stahl, Aluminium und Kupfer als auch neue Werkstoffgruppen wie Magnesiumlegierungen, Werkstoffverbunde und Verbundwerkstoffe Objekte der Forschung.

Das Konzept des Instituts folgt aus obengenannten Gründen den mit den Umformverfahren betriebenen Produktlinien zur Herstellung von Lang- und Flachprodukten sowie Produkten der Massivumformung und aus Spezialverfahren.

Die physikalische und die numerische Simulation sind die Grundlagen für die Erfassung und die Beschreibung von metallkundlichen Prozessen im Zuge der und im Anschluss an die Umformung (Abb. 24). Sie folgen zum Teil den Produktlinien. Hieran schließt sich die Prüfung von mechanischen und weiteren physikalischen Eigenschaften am Fertigprodukt, so beispielsweise die der elektromagnetischen Eigenschaften.

Im Rahmen der öffentlich geförderten Forschungsvorhaben TeMaKPlus, SubSEEMag und LEIKA wird vor allem an den Herstellungstechnologien wie auch an Legierungskonzepten zur Erzeugung

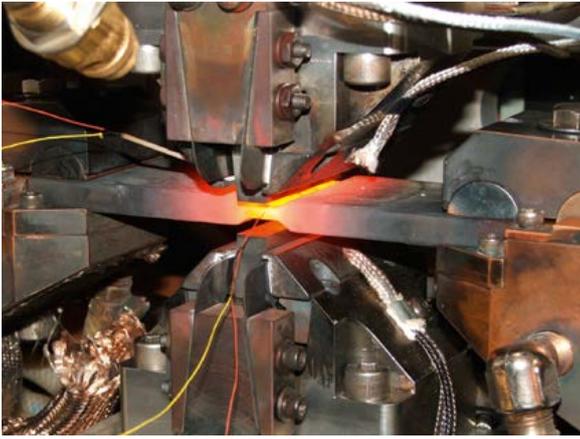


Bild 24: Prüfchamber der Umformsimulatoren Gleeble HDS-V40 (links) und der Bähr MDS 830 (rechts)

von Magnesiumhalbzeugen und deren Weiterverarbeitung bis hin zum Demonstratorbauteil geforscht. Dabei stehen das Gieß- und das Warmwalzen (Abb. 25) von Magnesiumlegierungen im Fokus, um letztendlich auf der Universalumformpresse Demonstratoren mit einem definierten Eigenschaftsprofil abzupressen. Zukünftig soll die Magnesiumforschung auch auf das Gebiet des Drahtgießwalzens erweitert werden, um Technologien zur Herstellung von Langprodukten für die Verbindungstechnik oder für Leichtbaukomponenten zu entwickeln und durch eine Verkürzung der Prozesskette die Ressourcen zu schonen.

Einen weiteren Beitrag im Bereich der Werkstoffentwicklung und der Generierung einer entsprechenden Verarbeitungstechnologie leistet ein Teilprojekt des SFB 799 »TRIP-Matrix-Composite«, in dessen Rahmen die

Grundlagen für das Sinter- sowie das Formgebungsverhalten spezieller partikelverstärkter Stahlsinterwerkstoffe mit TRIP-Effekt entwickelt werden. Es stehen unterschiedliche Sinterverfahren zur Verfügung, die zu verschiedenen Mikrostrukturen führen. Die gesinterten Proben werden über eine Halbwarm- und/oder Warmumformung unter Berücksichtigung umwandlungsfähiger Gefügebestandteile verdichtet. Sie fungieren nach dem Sintern als Basismaterial für eine fundierte Erforschung des Umformverhaltens dieser neuartigen Verbundwerkstoffe.

Am BMBF-Projekt »RAVE-K« (Ressourcensparende Aufbau- und Verbindungstechnik edelmetallhaltiger Kontaktwerkstoffe der Niederspannungstechnik) ist das Institut für Metallformung zusammen mit Industriepartnern ebenfalls mit einem Teilprojekt beteiligt. Im Zuge

dieses Vorhabens sollen neuartige Werkstoffverbunde hergestellt, charakterisiert und alle umformtechnischen wie auch metallkundlichen Phänomene mittels mathematischer Ansätze beschrieben werden. Damit trägt das Forschungsvorhaben zur Weiterentwicklung neuer Werkstoffe für die Elektronik und die Elektromobilität bei.

Im vergangenen Jahr wurde das Schwerpunktprogramm 1204 der DFG (die Koordination oblag dem Institut für Metallformung) erfolgreich abgeschlossen. Dabei sind neue, schnellarbeitende Modellierungsansätze zur Simulation diverser Umformverfahren generiert worden, die neben der Technologie auch das Werkstoffverhalten berücksichtigen. Anschließend konnten diese Berechnungsalgorithmen im Rahmen von Transferprojekten mit vielversprechenden Ergebnissen in die Industrie übertragen werden, wo sie sich momentan in der Validierungsphase unter Praxisbedingungen befinden. Außer in den genannten interdisziplinären Kooperationen engagiert sich das Institut für Metallformung bei einer Vielzahl von Einzelvorhaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Europäischen Forschungsgemeinschaft (RFCS), der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Sächsischen Aufbaubank (SAB) wie auch in der Auftragsforschung mit zahlreichen internationalen Industriepartnern.

Institut für Werkstoffwissenschaft

Mit der Gründung des »Metallographischen Laboratoriums« durch Prof. Kurt Richard Friedrich (Professor für Metallurgische Probierkunde, Pyrometrie und Metallographie) im Jahr 1901 beginnt die Geschichte des heutigen Instituts für Werkstoffwissenschaft. Damals, noch im heutigen Institut für Eisen- und Stahltechnologie (IEST) angesiedelt und um 1916 unter Prof. Alfred Robert Willy Heike (Professor für Metallographie) verselbstständigt, etablierte sich die Metallographie als eine »Lehre von den metallischen Werkstoffen« aus der Notwendigkeit heraus, die in den metallhüttenkundlichen Instituten (beispielsweise IEST) gemachten wissenschaftlichen Beobachtungen auf der Ebene von physikalischen und chemischen Grundlagen zu analysieren, zu beschreiben und im wissenschaftlichen Kontext mit den Materialeigenschaften zu diskutieren. Heute, 114 bzw. 99 Jahre nach Friedrich und



Abb. 25: Magnesiumgießwalz- und Bandwalzanlage

ThyssenKrupp Steel AG



Foto Jens Kugler

Abb. 26: Haus Metallkunde – Domizil der Institute für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik (Baujahr 1960/62)

Heike, sind diese Struktur-/Eigenschafts-Korrelationen nach wie vor der Schlüssel zu moderner, grundlagengestützter Werkstoffentwicklung und damit auch die Kernkompetenz des heutigen Instituts für Werkstoffwissenschaft (IWW).

Der stetige Zuwachs der Palette von Analysemethoden (seit 1929 sind auch Röntgenfeinstrukturuntersuchungen ein fester Bestandteil der metallkundlichen Untersuchungen) rechtfertigte dann auch die Umbenennung in »Institut für Metallkunde« um 1934. Im Jahr 1947 entschied man sich für die Zusammenfassung der Metallkunde und Materialprüfung (unter Einbeziehung des Röntgeninstituts) in einem gemeinsamen Institut, das sich 1974 wieder in die heutigen Institute für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik diversifizierte. Spätestens seit 1961 (mit Dr. J. Šedivý, später Dr. M. Boček) verbindet das Institut für Metallkunde bzw. das Institut für Werkstoffwissenschaft ein enges Band mit der Karlsuniversität Prag, von woher zeitweise Gastdozenten gerufen wurden, um Kristallphysik und Röntgenkunde zu lehren und die Entwicklung dieser Disziplinen am Institut voranzutreiben. Auch der heutige Institutsdirektor und Inhaber der Professur für Struktur und Gefüge von Werkstoffen, D. Rafaja, ist Absolvent der Karlsuniversität Prag. Am IWW ist er für die Weiterentwicklung der Röntgenbeugungsmethoden verantwortlich und lehrt in den Fachgebieten Kristallographie, Methoden der Röntgenbeugung und Festkörperphysik.

Letztendlich erfolgte im Jahr 2006 die Umbenennung in »Institut für Werkstoff-

wissenschaft«, um sowohl der Bedeutung der nichtmetallischen Werkstoffe als – neben den metallischen Werkstoffen – Innovationsträgern der modernen Gesellschaft ebenso gerecht zu werden, wie auch, um das Institut im Profil der TU Bergakademie Freiberg, auch 250 Jahre nach ihrer Gründung dauerhaft zu verankern und dessen Bedeutung für die Bergakademie klar herauszustellen.

Heute sind am Institut für Werkstoffwissenschaft zwei Professuren angesiedelt (»Angewandte Werkstoffwissenschaft« und »Struktur und Gefüge von Werkstoffen«). Es hat derzeit etwa 35 wissenschaftliche und 15 technische Mitarbeiter. Diese arbeiten an den im Folgenden dargestellten Kernthemen, die nicht nur Relevanz für das Institut an sich oder für die TU Bergakademie Freiberg besitzen, sondern auch einen wesentlichen Stellenwert für den Wirtschafts- und Technologiestandort Deutschland. Ziele der grundlagenorientierten Werkstoffforschung und -entwicklung sind im Allgemeinen, und am Institut für Werkstoffwissenschaft im Besonderen, die Untersuchung der atomaren bzw. nanoskaligen Strukturmerkmale und der Mikrostruktur von Materialien und Werkstoffen sowie die Bildung von physikalisch fundierten Mikrostrukturmodellen als Grundlage für die Erklärung von Materialeigenschaften (Struktur-/Eigenschafts-Korrelation). Hierbei spielt insbesondere die Ausnutzung von physikalischen Effekten, die durch sehr kleine Defekte im Material hervorgerufen werden, eine große Rolle. Durch gezielte Einbringung oder Vermeidung solcher Mik-

rostrukturdefekte sowie durch Kontrolle der Anordnung und Häufigkeit bestimmter Mikrostrukturmerkmale können Materialeigenschaften, wie beispielsweise Härte, Umformvermögen, Schadenstoleranz, Festigkeit, magnetische Eigenschaften oder Energiespeichervermögen gezielt – je nach Beanspruchungsart und Anwendungsfall – beeinflusst und gezielt eingestellt werden. Diese Schlüsselfunktion für die moderne Werkstoffentwicklung kann mit dem Begriff »Werkstoffdesign« umschrieben werden. Ein ganz wesentliches Werkzeug hierbei ist auch die Herstellung und Stabilisierung sog. metastabiler Phasen, also von Materialzuständen, die bei den herrschenden Umgebungsbedingungen eigentlich nicht existieren dürften. Solche Phasen besitzen teilweise sehr interessante und wertvolle Eigenschaften. Der Zugang zu ihnen kann im Allgemeinen durch eine Verschiebung der Grenzen von thermodynamisch stabilen Phasen eröffnet werden, indem man der chemischen Triebkraft einen Beitrag physikalischer Provenienz entgegenstellt. Dieser lässt sich zum Beispiel durch die Einbringung von Mikrostrukturdefekten oder durch einen heteroepitaktischen Aufbau von inneren Grenzflächen und eine damit verbunden lokale Verzerrung des Kristallgitters realisieren. Die Entmischung und Umwandlung von metastabilen Phasen, die den Übergang zum thermodynamisch stabilen Zustand stets begleiten, bieten die Möglichkeit, nanostrukturierte Werkstoffe zu erzeugen. Zu diesem Thema leistet die Thermodynamik, die ein weiteres Standbein des Instituts für Werkstoffwissenschaft ist, einen sehr wichtigen Beitrag.

Nanoskalige Strukturen lassen sich in vielen Materialsystemen realisieren. Am Institut für Werkstoffwissenschaft werden solche Strukturen in nitridischen Hartstoffen hergestellt und untersucht – sowohl in Form von Schichten als auch von kompakten Körpern. In den Systemen BN, (Ti,Al)N, Si₃N₄ und weiteren konnten durch gezielte Einstellung der Mikrostruktur bei teils geringerem Energieaufwand als derzeit üblich, Härtesteigerungen von bis zu 30 % erreicht werden – bei gleichzeitig höherer Lebensdauer. Insbesondere der strukturelle Aufbau als mehrphasiger Nanokomposit verleiht dieser Materialklasse hervorragende Eigenschaften. Im Bereich der perlitischen Stähle und der TRIP-Stähle wird das Umformverhalten maßgeblich durch die



Abb. 27: SPS-Anlage FCT HP D 25/2

Defektstruktur beeinflusst. Die Beschreibung der Defektstruktur dieser Stähle in Korrelation mit den Herstellungsparametern ist ebenfalls ein wesentliches Thema, dem sich das Institut widmet. Neue bzw. verbesserte Materialien für elektrische oder elektronische Anwendungen werden ebenfalls intensiv untersucht. So ist zum Beispiel die Lade-/Entladecharakteristik (Ladedauer, Zyklenzahl, etc.) von Li-haltigen und Li-freien Batterien stark von den mikrostrukturellen Vorgängen während der elektrochemischen Beanspruchung abhängig. Auch grundlegende Untersuchungen der Schädigungsprozesse in Batteriekomponenten sind besonders im Fokus.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass eine enge Verknüpfung von Materialsynthese, Strukturforchung und thermodynamischen Untersuchungen, begleitet durch die Methodenentwicklung, unerlässlich ist. Um ein ganzheitliches Bild eines Werkstoffs zu generieren und dessen Verhalten zu verstehen und technisch nutzbar zu machen, arbeiten die einzelnen Gruppen des Instituts methodisch sehr eng zusammen. Dadurch wird die verfügbare syntheseseitige und analytische Infrastruktur effizient genutzt, unterstützt durch Synergien zwischen den Gruppen.

Die Materialsynthese wird am Institut vor allem mit solchen Methoden praktiziert, die mehr oder weniger weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht funktionieren. Hier ist vor allem der Einsatz der Spark-Plasma-Sinteranlage (Abb. 27) zu nennen, die durch ihr



Abb. 28: Mehrquellensputteranlage PLS500 von Balzers (3 Sputterkathoden)

besonderes Funktionsprinzip (extremes Kurzzeitsintern mit Unterstützung eines starken elektrischen Stroms) kompakte Werkstoffe von Nichtgleichgewichtsphasen oder -zuständen realisieren bzw. unerwünschte Effekte, wie die Vergrößerung nanokristalliner Gefüge effektiv reduzieren kann. Hier werden vor allem Hartstoffe, wie (Ti,Al)N oder Wolframcarbid, hergestellt.

Weitere Möglichkeiten zur Synthese solcher Materialien bieten diverse Abscheidemethoden für die Schichtherstellung. Außer in einer am Institut verfügbaren Gasphasenabscheidungsanlage (PVD, Abb. 28) werden PVD-Schichten derzeit aber – vor allem wegen der größeren Nähe zum industriellen Anwendungsfall – bei kooperierenden Firmen, wie Ceratizit Austria GmbH, SHM Šumperk Ltd. (CZ) oder Partnerinstituten (Nanotechnology Centre for PVD Research, Sheffield, UK) hergestellt.

Mit der Neubesetzung der Professur für Angewandte Werkstoffwissenschaft soll zukünftig auch die elektrochemische Schichtabscheidung für den Zugang zu nanokristallinen, metastabilen Werkstoffgefügen etabliert werden. Gemäß der Historie des Instituts liegt der Schwerpunkt natürlich auf der Analyse der im

Haus oder durch Kooperationspartner synthetisierten Materialien und auf der Charakterisierung ihrer Eigenschaften. Ausgehend vom ältesten Tätigkeitsfeld des Instituts, der Metallographie, die heute eine der wichtigsten Präparationsmethoden bereitstellt, haben sich im Laufe der Zeit zahlreiche weitere Methoden etabliert. Hierzu gehören spektroskopische Methoden, wie die energie- oder wellenlängendispersive Röntgenspektroskopie, die Glimmentladungs- und die Elektronenenergieverlustspektroskopie im Transmissionselektronenmikroskop. Bei den meisten dieser Methoden steht die lokale chemische Analyse der Werkstoffe im Vordergrund. Parallel dazu werden abbildende Methoden genutzt, wie die Lichtmikroskopie, die Raster- und die Transmissionselektronenmikroskopie (am Institut etabliert seit ca. 1970, siehe Abb. 29). Bei diesen steht die Abbildung der inneren Materialstruktur auf verschiedenen Längenskalen im Vordergrund.

Beugungsmethoden, insbesondere die Röntgenbeugung (bspw. Abb. 30), sind seit 1929 eine Kernkompetenz des Instituts für Werkstoffwissenschaft, die gern und rege auch von anderen Instituten der TU Bergakademie Freiberg genutzt wird.



Abb. 29: Transmissionselektronenmikroskop JEOL JEM 2200FS (200 kV)

Beugungsmethoden arbeiten im reziproken Raum und sind daher leider wenig anschaulich, bieten aber dafür umso mehr an Informationsgehalt bezüglich der Struktur des untersuchten Materials. So können beispielsweise atomare Abstände, Defektstrukturen, Phasenzusammensetzungen, Korn- und Kristallitgrößen sowie die Verzerrungen des Kristallgitters sehr genau und effektiv über einen repräsentativen Probenbereich bestimmt werden.

Zusätzlich hat sich seit der Berufung von Prof. H. J. Seifert am IWW die Thermodynamik etabliert – mit Verfahren, wie der differentiellen Thermoanalyse, der dynamischen Differenzkalorimetrie (Abb. 31) sowie der Lösungskalorimetrie und der parallel dazu ausgeführten Berechnung von mehrkomponentigen Phasendiagrammen nach der CalPhaD-Methode (Calculation of Phase Diagrams). Hier werden vor allem die Phasendiagramme von metallischen Werkstoffen und oxidischen Keramiken untersucht und berechnet, was nicht zuletzt auch der Pflege und Erweiterung der international genutzten Datenbanken, die thermodynamische Daten verwalten, zugutekommt.

Zur lokalen mechanischen Analyse (vor allem der Härte von Schichten und nanokristallinen Werkstoffen) steht ein Nanoindentationsgerät zur Verfügung.

Es bleibt zu erwähnen, dass ausschließlich die sinnvolle Kombination mehrerer, sich gegenseitig ergänzender Untersuchungsmethoden die Möglich-

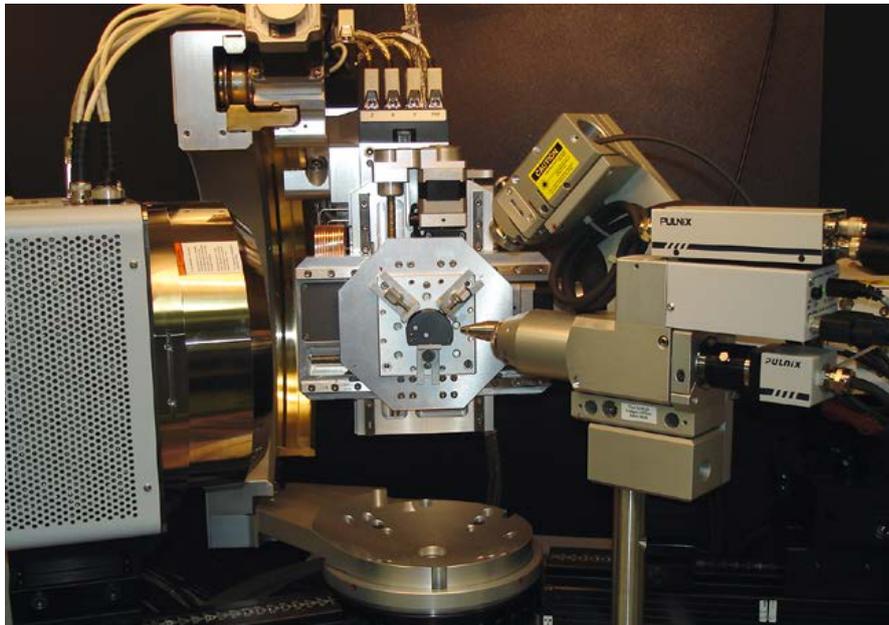


Abb. 30: Röntgendiffraktometer Bruker D8 »Discovery« mit Flächendetektor und Punktfokus

keit bietet, die Vorgänge im Werkstoff auf Basis seiner Struktur in der nötigen Detailliertheit zu untersuchen und zu verstehen. Neben dem materialeitigen Kernkonzept der Struktur-/Eigenschaftskorrelation gehört die Methodenkombination bei der Werkstoffuntersuchung zum analytischen Kernkonzept des IWW.

Das Institut ist seit jeher sehr gut in der Organisationsstruktur der Bergakademie verankert und mit den anderen Fakultäten und Instituten wissenschaftlich vernetzt. Dies lässt sich an vielen Kooperationen mit Forschungsgruppen anderer Institute ablesen. Sehr enge Kooperationen in gemeinsamen Projekten gibt es vor allem mit den chemischen und physikalischen Instituten der Fakultät 2, mit den werkstofferzeugenden und -verarbeitenden Instituten der Fakultät 5 sowie mit dem mineralogischen Institut der Fakultät 3. Das IWW ist in zwei Sonderforschungsbereiche (SFB 799 »TRIP-Matrix-Composite« und SFB 920 »Multifunktionale Filter für Metallschmelzeinfiltration«) eingebunden und trägt mit seiner Expertise zur Generierung wissenschaftlichen Mehrwerts bei. Der sächsische Spitzentechnologiecluster »Funktionales Strukturdesign neuer Hochleistungswerkstoffe durch Atomares Design und Defekt-Engineering (ADDE)« hat seine Wurzel am Institut für Werkstoffwissenschaft und ist hier Defektstrukturen und Nanostrukturen von Werkstoffen auf der Spur. In Zusammenarbeit mit mehreren Fakultäten werden im Rahmen des Freiburger Hochdruckforschungszentrums (finanziert durch



Abb. 31: Differenzthermoanalysegerät SETARAM Setsys Evolution

die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung) Materialien hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Strukturen bei extremen Einsatzbedingungen analysiert.

In mehreren Schwerpunktprogrammen der DFG werden in Kooperation mit anderen Universitäten schnelle Untersuchungsmethoden für die Modellbildung und Mikrostrukturcharakterisierung in der Umformtechnik (SPP 1204, Sprecher: Prof. R. Kawalla) oder zu neuen Materialien für Lithium-Ionen-Batterien (SPP 1473 – WeNDeLIB, Sprecher: Prof. H. J. Seifert) entwickelt. Li-freie Batterien sind Gegenstand des BaSta-Projektes (Batterien stationär in Sachsen), an dem

neben dem Institut für Experimentelle Physik (Prof. D. C. Meyer) auch Dresdener Forschergruppen (TU Dresden, Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung, Fraunhofer-Institut für Keramische Systeme und Technologien) beteiligt sind. In Zusammenarbeit mit der TU Chemnitz (Prof. B. Wielage) wird der Beitrag der Grenzflächenepitaxie für die Haftung von kaltgasgespritzten Schutzschichten auf verschiedenen Substratmaterialien beschrieben. In Kooperation mit der NaMLab gGmbH (Prof. T. Mikolajick) werden neue Wege für die elektronische Datenspeicherung gesucht. Langjährige Kooperationen des Instituts für Werkstoffwissenschaft gibt es auch mit verschiedenen ausländischen Forschungseinrichtungen, so zum Beispiel mit der TU Wien (Prof. W. Lengauer) im Bereich der Cermets und Hartmetalle, mit der Sheffield Hallam University (Prof. P. Hovsepian, Prof. A. Ehiasarian) bezüglich nitridischer Hartstoffschichten, mit der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Budapest (Prof. I. Bakonyi) zur elektrochemischen Abscheidung von Multilagenschichten für Magnetspeicheranwendungen und mit dem Forschungszentrum in Risø (Prof. W. Pantleon) auf dem Gebiet der stark umgeformten Metalle.

Intensive Industriekooperationen betreibt das IWW mit SHM Šumperk Ltd. und Ceratizit Austria GmbH (Abscheidung von Hartstoffschichten) sowie mit der Plansee AG (Hochtemperaturkorrosionsschutz von Molybdän). Im Rahmen eines Praxissemesters werden regelmäßig Studenten des IWW zu diesen Kooperationspartnern delegiert, um dort wissenschaftliche und unternehmerische Fähigkeiten zu erlangen. Das Gros der wissenschaftlichen Mitarbeiter des IWW ist regelmäßig an europäischen Großforschungseinrichtungen, wie dem DESY oder dem ESRF, zu Gast, um dort Mikrostrukturuntersuchungen durchzuführen, die an den Laborgeräten nicht möglich sind. Hierbei ergeben sich zumeist sehr tiefe Einblicke in das Materialverhalten, da die Strukturveränderungen hier *in situ* untersucht werden können.

Das Institut für Werkstoffwissenschaft bleibt auch 100 Jahre nach seiner Gründung seiner ursprünglichen Aufgabe treu und bringt dabei Strukturen und Eigenschaften von Werkstoffen in einen physikalisch und chemisch nachvollziehbaren, wissenschaftlich fundierten Zusammenhang. Innerhalb des Profils der TU

Bergakademie Freiberg trägt das Institut nachhaltig zu den Profillinien Material und Energie bei und ist ein wesentlicher Bestandteil des universitären Gesamtgefüges.

Institut für Werkstofftechnik

Konstruktionswerkstoffe werden im betrieblichen Einsatz einer komplexen Überlagerung verschiedener Beanspruchungsarten ausgesetzt. Die wesentlichen Gruppen sind dabei die mechanischen, die korrosiven und die tribologischen Beanspruchungen. Sie tragen zu Veränderungen im Werkstoff bei und können damit zu dessen Versagen führen. Daher sind die Korrelation von Struktur und Eigenschaften von Werkstoffen, die Aufklärung, Beschreibung und Modellierung der betriebsbedingten Eigenschaftsänderungen sowie die Vorhersage von Lebensdauern ebenso wie die Erhöhung der Beanspruchbarkeit durch werkstofftechnische Maßnahmen zentrale Aufgaben der Werkstofftechnik.

Seit seiner Gründung als Institut für Werkstoffeinsatz im Jahr 1974 bearbeitet es Themen des Werkstoffverhaltens über das gesamte Spektrum der mechanischen Beanspruchungen, der Wärmebehandlung und der Randschichttechnologien, der Korrosion und des Korrosionsschutzes sowie der Füge-technik. Hierbei wird das Verhalten von Konstruktionswerkstoffen von den einschlägigen Grundlagen bzw. Mechanismen über die Struktur-/Eigenschafts-Korrelationen bis hin zum Einsatz in Bauteilen betrachtet. Aufgrund seiner methodischen Orientierung forscht das Institut an einem breiten Spektrum von metallischen Werkstoffen (Stähle, Gusseisen-Werkstoffe, Leichtmetall-Legierungen auf Al-, Mg-, Ti-Basis, Hochtemperatur-Werkstoffe auf Ni- und intermetallischer Basis),

Verbundwerkstoffen mit Stahl- und Al-Matrix sowie Feuerfest-Werkstoffen für die Metallurgie.

Am Institut sind die zwei Professuren – eine für Werkstofftechnik (Prof. Biermann, ehemals Prof. Spies) und eine für Werkstoffprüfung und Bauteilfestigkeit (Prof. Krüger, ehemals Prof. Pusch) – sowie eine Honorarprofessur für (Elektronen- und Laser-)Strahltechnologien (Prof. Zenker) etabliert. Das Institut arbeitet zu den Schwerpunkten

- mechanische Eigenschaften – mit den Spezialitäten Ermüdung, Mehrachsigkeit, Bruchmechanik und Hochgeschwindigkeitswerkstoffprüfung
- Hochtemperatur-Eigenschaften
- Randschichttechnik (thermochemische Wärmebehandlung und Elektronenstrahltechnologien)
- Korrosion

Die meisten Labore sind im Haus Metallkunde und im Anbau Schweißtechnik in modernen Räumen angesiedelt. Neben den höherklassigen physikalischen Laboren werden einschlägige Anlagen auch in der Materialprüfhalle und der Alten Ofenhalle am Gellert-Bau betrieben.

Im Folgenden sollen einige herausgehobene Forschungsgeräte des Laborbereichs **mechanische Werkstoffprüfung** genannt werden, die für die jeweiligen Forschungsschwerpunkte stehen:

Hochgeschwindigkeits-Werkstoffprüfung

- Split-Hopkinson-Aufbauten für Druck und Biegung (Abb. 32)
- Rotationsschlagwerk
- Pendelschlagwerke
- Fallwerk
- Servohydraulische Universalprüfmaschinen bis zu mittleren Dehnraten

Ermüdungsprüfung

- Servohydraulische Universalprüfmaschinen mit 100 kN, 250 kN und



Abb. 32: Split-Hopkinson-Pressure-Bar für hochdynamische Druckversuche

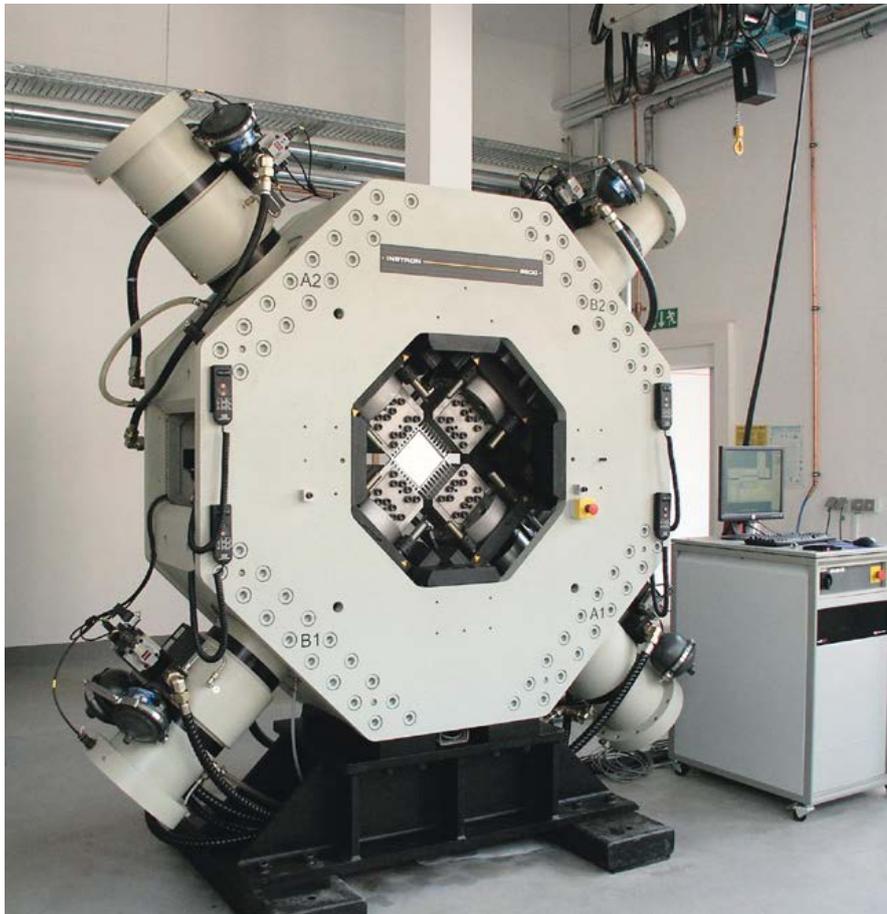


Abb. 33: Servohydraulische, biaxial-planare Prüfmaschine

- 500 kN mit Heiz- und Kühlvorrichtungen, Vakuum-/Schutzgas-Kammer
- Resonanzprüfmaschinen mit 20 kN und 125 kN
- Zwei Ultraschall-Prüfmaschinen, davon eine mit Mittellast-Aufbringung

Mehrachsiges Materialprüfung

- Servohydraulische, planar-biaxiale Prüfmaschine für statische Beanspruchung, Ermüdung, Risswachstum und Hochtemperaturprüfung (Abb. 33)
- Servohydraulische, axial-torsionale Prüfmaschine mit Heizvorrichtung

Hochtemperatur-Prüfung

- Elektromechanische Prüfmaschinen mit Kühlung sowie induktiver bzw. Widerstandsheizung, Temperier- bzw. Schutzgaskammern für Temperaturen bis 1.500 °C
- Induktions-Generatoren für die servohydraulischen Prüfsysteme
- Zeitstand-Anlagen

Die genannten Anlagen können mit analytischen Zusatzvorrichtungen betrieben werden, beispielsweise mit hochauflösenden Spezialekammer-Systemen, Thermokamera und mit Geräten zur Erfassung der akustischen Emission.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten des Instituts liegt bereits seit seiner Gründung auf der Randschichtveredlung von Stählen mittels **thermochemischer Behandlungen** (Nitrieren, Nitrocarburieren, Oxinitrieren) auch von Gusseisen-Werkstoffen, Al- und Ti-Legierungen, intermetallischen Phasen und Nickelbasis-Superlegierungen, für die folgende Anlagen verfügbar sind:

- kommerzielle Plasma-Anlage
- Active-Screen-Anlage
- sensorkontrollierter Kammer-Ofen
- Quarzglas-Rohröfen

Bei den Arbeiten wird stets auch Wert auf eine sensorregelte Prozessführung gelegt.

Die **Universal-Elektronenstrahlanlage** (Abb. 34) wird für Forschungsarbeiten auf den Gebieten Randschicht-Behandlung (Umschmelzen, Umschmelzlegieren, Härten), Fügen (Schweißen, Löten), Auftragsschweißen und Profilieren eingesetzt. Auch in diesem Bereich wird eine breite Palette von Werkstoffen behandelt, die von Stahl und Gusseisen über Al- und Mg-Legierungen bis hin zu Verbundwerkstoffen reicht.

In den letzten Jahren wurde zunehmend auch der Bereich der **pulverme-**



Abb. 34: Universal-Elektronenstrahl-Anlage

tallurgischen Materialsynthese durch spezielle Sinterverfahren (Spark-Plasma-Sintern) für Hartmetalle und Metallmatrix-Verbundwerkstoffe betrieben. Noch für 2014 ist die Installation einer Anlage zur additiven Fertigung (selektives Elektronenstrahl-Schmelzen) vorgesehen. Damit wird die Palette der PM-Technologien deutlich erweitert.

Die Analyse des **Korrosionsverhaltens** erfolgt anhand der Charakterisierung des chemischen und elektrochemischen Werkstoffverhaltens. Außer in Immersionsversuchen können in einer Klimakammer komplexe Umweltbedingungen simuliert und kann so das Korrosionsverhalten von Werkstoffen, Fügeverbindungen oder kompletten Bauteilen geprüft werden. Ein 5-Kanal-Potentiostat ermöglicht zudem die Analyse der elektrochemischen Korrosionsmechanismen sowohl anhand von Gleich- als auch mittels Wechselstrommessung bei unterschiedlichen Elektrolyttemperaturen. Neben überlagerter korrosiver, thermischer und mechanischer Beanspruchung kann in speziellen Laborreaktoren der Einfluss des hydrostatischen Druckes in Kombination mit erhöhten Temperaturen geprüft werden. Die Palette geprüfter Werkstoffe umfasst hochlegierte Stähle Aluminium-, Magnesium- und Titanlegierungen sowie Mischfügeverbindungen (Metall-Metall und Metall-Kunststoff) und Verbundwerkstoffe.

Im Bereich der Analytik verfügt das Institut über ein hochauflösendes, analytisches **Rasterelektronenmikroskop** mit Optionen für energiedispersive Spektroskopie, EBSD, Transmissions-Abbildung,

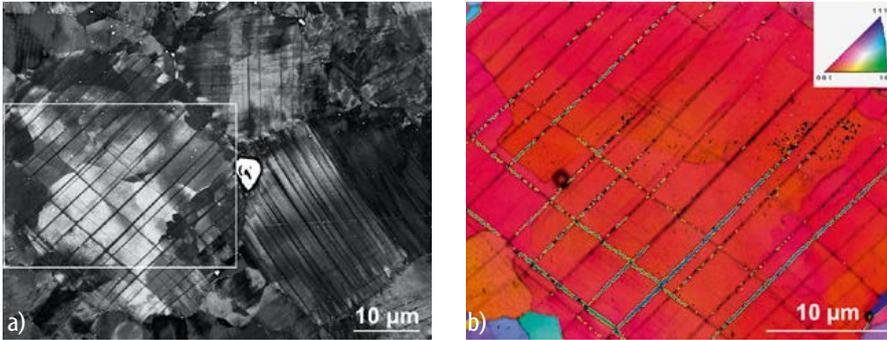


Abb. 35: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen eines austenitischen Stahls,
 a) ECCI-Aufnahme (electron channelling contrast imaging) mit Deformationsbändern,
 b) EBSD-Darstellung (electron back scattering diffraction) mit Verformungszwillingen

Transmissions-EBSD sowie In-situ-Verformungsmodule für Zug/Druck- und Ermüdungs-Beanspruchungen bis 10 kN – auch bei hohen und tiefen Temperaturen – sowie für Beanspruchung durch Biegung. Das REM wird beispielsweise für die Untersuchung der verformungsinduzierten Änderungen der Mikrostruktur (Abb. 35) sowie für die Bruchflächenanalyse eingesetzt. Ergänzt werden die analytischen Verfahren durch eine digitale Bildkorrelation zur Ermittlung von Verschiebungs-/Dehnungsfeldern mit

den Softwarepaketen Aramis und Veddac sowie die Thermographie. Die genannten Labore werden für die diversen Forschungsvorhaben intensiv ausgelastet. Das Institut ist auch in den beiden Sonderforschungsbereichen SFB 799 »TRIP-Matrix-Composite« (Sprecher: Prof. Biermann) und SFB 920 »Multifunktionale Filter für Metallschmelzefiltration« (Sprecher: Prof. Aneziris) aktiv – wie auch in den DFG-Schwerpunktprogrammen SPP 1418 »Feuerfest-Initiative zur Reduzierung der Emissionen« (Sprecher: Prof.

Aneziris) und SPP 1466 »Unendliche Lebensdauer für zyklisch beanspruchte Hochleistungswerkstoffe« (Sprecher: Prof. Christ, Universität Siegen). Zudem lief im Jahr 2014 die Sächsische Landesexzellenzinitiative aus, an der das Institut im Freiburger »ADDE«-Cluster (Sprecher: Prof. Rafaja) an mehreren Teilprojekten sowie im Dresdner Cluster »ECEMP« (Sprecher: Prof. Hufenbach, TU Dresden) mit einem Teilprojekt beteiligt war. Schließlich konnte die erfolgreiche Arbeit des Freiburger Hochdruck-Forschungszentrums (Sprecher: Prof. Kortus) in ein anschließendes Transferprojekt (Sprecher: Prof. Krüger) überführt werden. Die genannten Forschungsthemen repräsentieren den Teil der Drittmittelprojekte, die in koordinierten Forschungsvorhaben interdisziplinärer mit Gruppen der TU Bergakademie Freiberg wie auch anderer Universitäten laufen. Überdies läuft eine große Zahl von Einzelvorhaben der DFG, der AiF und der SAB, die teilweise im Bereich der Grundlagenforschung, teilweise im Bereich der angewandten Forschung gemeinsam mit Industriepartnern bearbeitet werden.

Studienwerbung an der Fakultät 5

An unserer Fakultät gibt es zahlreiche Aktivitäten hinsichtlich der Studienwerbung. Neben der klassischen Werbung für die Studiengänge im Rahmen von Fachmessebeteiligungen der Institute wird teilweise als Besuchermagnet das Racetech-Fahrzeug mit ausgestellt, so zum Beispiel geschehen bei der Karrierestart 2014 in Dresden oder bei der AMI 2014 in Leipzig. Das Racetech-Team – ein Beispiel für hervorragende studienbegleitende Lern- und Freizeitaktivitäten – ist zusammen mit dem Fahrzeug oftmals auch ein Partner von Schülerwerbeveranstaltungen, sei es beim Besuch von Gymnasien oder im Rahmen von Vorträgen in der Schüleruni. Die Schülerunis unter Beteiligung unserer Fakultät laufen dabei beispielsweise unter den Themen »Werkstoff-Woche« und »Ceramics meet Steel«. Zudem besteht die Möglichkeit, den Schülern die Welt der Werkstoffe im Schülerlabor näherzubringen. Neuland ist für unsere Fakultät das Vorhaben, Angebote in das MINT-EC einzubringen, erstmalig im Oktober 2014 für den Bereich Nanotechnologie und geplant im März 2015 für den Bereich Werkstoffe. Dabei ist MINT-EC das nationale Excellence-Netzwerk von Schulen mit Sekundarstufe II und ausgeprägtem Profil in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT). Es wurde im Jahr 2000 von den Arbeitgebern gegründet und arbeitet eng mit deren regionalen Bildungsinitiativen zusammen. Im Rahmen dieser Initiative wird ein breites Veranstaltungs- und Förderprogramm für Schülerinnen und Schüler angeboten.



Stephan Reichel

Entwicklungsperspektiven der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, insbesondere Internationale Ressourcenwirtschaft

Carsten Felden, Andreas Horsch

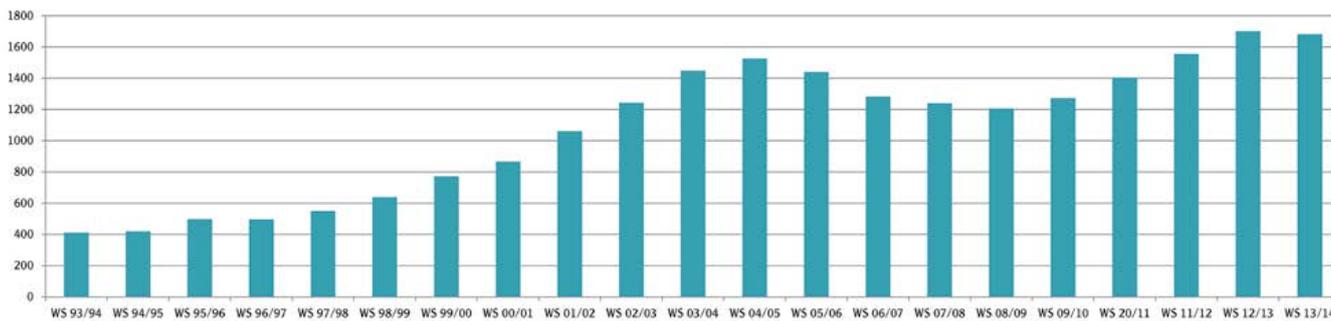


Abb. 1: Entwicklung der Studierendenzahlen

Hintergrund

Die heutige Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, insbesondere Internationale Ressourcenwirtschaft, ist tief in der Geschichte der Bergakademie verankert. Sie gehört in ihrem heutigen Zuschnitt zu den jüngsten Einheiten, da sie sich – immer wieder neu definierend – veränderten Herausforderungen stellen musste. Anfang der 1990er-Jahre aufgelöst und 1993 neugegründet, feierte die Fakultät unlängst ihr zwanzigjähriges Bestehen. Im Rahmen der langen Historie der Bergakademie insgesamt, aus der ihre Position als Ressourcenuniversität mit den heutigen Profillinien erwachsen ist, spielt auch diese jüngere Geschichte für die Entwicklungsperspektiven der Fakultät eine erhebliche Rolle, da die zur Neugründung vorgenommenen Weichenstellungen bis heute fortwirken.

Für den institutionellen Wandel, auch einer Universität, gilt der Grundsatz, dass *history matters* (North) und man seine Geschichte nicht vergessen darf, auch nicht die Jahre in der DDR und die sich anschließenden Entwicklungen bis hin zur Gegenwart. Die Möglichkeiten und Grenzen der künftigen Entwicklung dieser wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät sind stets vor diesem Hintergrund zu betrachten.

Status quo

Die wirtschaftswissenschaftliche Fakultät ist mit aktuell 1.683 Studierenden allein in den beiden Hauptstudiengängen Betriebswirtschaftslehre sowie Wirtschaftsingenieurwesen die zahlenstärkste Fakultät der TU Bergakademie. Außer durch dieses hohe Niveau zeichnet sich die Entwicklung der Studierendenzahlen durch eine positive Dynamik aus:

Insgesamt verteilen sich die Studierenden auf momentan vier Bachelor- (Be-

triebswirtschaftslehre, Business & Law, Wirtschaftsingenieurwesen, Industriearchäologie), fünf Master- (Betriebswirtschaftslehre, Wirtschaftsingenieurwesen, Technikrecht, Industriearchäologie, Industriekultur), drei MBA- (Energie- & Ressourcenwirtschaft, IBDEM – International Business of Developing and Emerging Markets, IMRE – International Management of Resources and Environment) sowie zwei Diplomstudiengänge (BWL für die Ressourcenwirtschaft, Aufbaustudium), wie die folgende, um auslaufende Studiengänge komplettierte *Abbildung 2* zeigt:

Dieses Angebot wird bestritten von 16 Professor(inn)en und ihren Teams. Das bedeutet, dass die Fakultät mit vergleichsweise wenig Mitarbeiter(inne)n ein enormes Angebot bereithält. Die inhaltliche Ausrichtung dieses Professorens ist im Sinne des Aufbaus von 1993 generalistisch zu nennen. Jedoch macht das Portfolio der angebotenen Studiengänge deutlich, welche Rolle die wirtschaftswissenschaftliche Fakultät an der Ressourcenuniversität einnimmt: Sie steht naturgemäß nicht für eine eigene Profillinie, sondern nimmt eine Querschnittsfunktion wahr, in der sie



Abb. 2: Lehrangebot der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät



Abb. 3: Verbindende Funktion ausgewählter, von der Fakultät angebotener Studiengänge

zum einen ingenieurwissenschaftliche Ausbildungen komplettiert sowie hybride Studiengänge, die sich aus Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften zusammensetzen, offeriert. Zum anderen besteht das Angebot eines betriebswirtschaftlichen Studiums mit unikalen ingenieurwissenschaftlichen Ergänzungen (Abb. 3).

Analog zu dieser spezifischen Lehrkonzeption haben die durch die Professuren verfolgten Forschungsthemen und vor allem ihre beachtlichen Drittmittelprojekte immer wieder die besondere Ausrichtung der TU Bergakademie Freiberg und die ihr gemäße Rolle der Fakultät reflektiert.

Entwicklungsziele

Ein zentrales mittel- bis langfristiges Entwicklungsziel besteht weiterhin darin, Forschungs- und Lehraktivitäten der Fakultät schrittweise darauf auszurichten, einen zunehmenden Beitrag zur Ressourcenorientierung der TU zu leisten. Dieser entsprechend und im Sinne eines Entwicklungskonzepts erfolgt eine Profilschärfung in differenzierter Form, die den besonderen Charakter der Fakultät widerspiegelt. Eine grundständige Wirtschaftswissenschaft bildet auch künftig zum einen die Basis für die Ausbildung der Studierenden aller Studiengänge der Fakultät sowie für eine interdisziplinäre Bereicherung der Lehrangebote anderer Fakultäten. Zum anderen ist diese ein integraler Bestandteil einer theoriegeleiteten wirtschaftswissenschaftlichen Forschung, die technisch machbare, ökologisch sinnvolle sowie ökonomischen Nutzen stiftende Projekte auf den relevanten Forschungsfeldern der TU Bergakademie verfolgt und ihre Erkenntnisse über Publikationen in die jeweiligen Communities trägt.

Die Wirtschaftswissenschaften im grundständigen Sinne stellen die notwendige solide Basis bereit, auf der sich ausgewogene ressourcenwirtschaftliche Vertiefungen realisieren lassen. Die Entwicklungsziele sowie die darauf gerichteten Teilstrategien hat die Fakultät als

gut ausbalancierte Gesamtkonzeption im Blick, zu der die Lehrstühle spezifische Beiträge in den Bereichen Lehre, Forschung und Drittmittel liefern, die naturgemäß unterschiedlich groß sind und in unterschiedlichem Maße der wirtschaftswissenschaftlichen Basis oder der Vertiefung gelten. Entscheidend sind ihr Zusammenspiel und das daraus entstehende Ergebnis. Daher verfolgt die Fakultät ein konsistentes Strategiebündel, um das gesteckte Entwicklungsziel zu erreichen. Der Grad der Zielerreichung hängt naturgemäß auch davon ab, wie sich die institutionellen Rahmenbedingungen und die Wettbewerbssituation in der Zukunft darstellen werden. Mit Sorge betrachten wir daher die aktuell intensiv diskutierten (Stellen-)Kürzungen, die naturgemäß insbesondere den Zielerreichungsgrad senken würden und nicht im Sinne des Freistaates Sachsen sein können, der sich auch über Qualität in Forschung und Lehre definiert.

Strategien

Grundlage der Erreichung der Entwicklungsziele ist eine entsprechende Potenzialausstattung der Fakultät selbst. In quantitativer Hinsicht bedeutet dies, dass die derzeitige Personal- und Mittelausstattung mindestens zu halten ist. Qualitativ bedeutet dies die ausgewogene Neujustierung der Lehrstuhldenominationen und damit der bearbeiteten Fachgebiete, weswegen im Rahmen der letzten Neubesetzungen konsequente forschungsbezogene Schwerpunktverlagerungen erfolg(t)en:

- VWL: Allgemeine VWL, insbes. Rohstoffökonomik (Prof. Dr. Dirk Rübelke);
- Recht: Öffentliches Recht, insbes. Berg- und Energierecht (lfd. Verfahren);
- BWL: Allgemeine BWL, insbes. Rohstoffmanagement (lfd. Verfahren).

Diese Teilstrategie soll in den Folgejahren konsequent fortgesetzt werden. Neben diesen per se ressourcenorientierten

Lehrstühlen beteiligen sich auch die anderen an der weiteren Herausarbeitung eines entsprechenden Fakultätsprofils. Diese Beiträge sind Gegenstand der Teilstrategien für Lehre, Forschung und Drittmittel.

Die gezielte Weiterentwicklung des Lehr- bzw. Studienangebots wird seit geraumer Zeit betrieben und steht in ihrer Profilorientierung keiner Referenzuniversität nach; viel eher ist sie beispielhaft für andere. Dabei spiegelt sich das Profil der TU Bergakademie Freiberg ebenso in der Lehre wie auch in der Internationalität der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät wider. Für die Zukunft gilt es, basierend auf einer grundständigen ökonomischen Ausbildung die Orientierung am Profil fortzuführen, gezielt zu verstärken sowie erkennbarer zu machen. Eine Grundständigkeit ist dabei stets notwendig, um eine arbeitsmarktgerechte Ausbildung im betriebswirtschaftlichen Bereich zu ermöglichen und gleichzeitig in der Lage zu sein, auch Interessenten aus anderen Fakultäten ein stabiles betriebswirtschaftliches Fundament vermitteln zu können. Auf dieser Basis werden als Bezugsobjekte in den Veranstaltungen möglichst solche aus der Energie- und Ressourcenwirtschaft gewählt, die durch gezielt ausgesuchte Gastvorträge von Referenten nationaler wie internationaler Institutionen aus Wissenschaft und Praxis mit zusätzlichem Leben erfüllt werden. Die Stärkung des Praxisbezugs und ein konsequentes Weiterdenken im Sinne eines lebenslangen Lernens führt aktuell zum Aufbau eines Weiterbildungszentrums, das Mitarbeitern aus internationalen Unternehmen neue Kompetenzen vermittelt und diese auch an die Universität bindet, so dass ein gegenseitiger, nutzenstiftender Austausch stattfindet.

Für den Bereich der Forschung lautet das erklärte Ziel, die Anzahl und Wertigkeit wissenschaftlicher (Aufsatz-)Publikationen zu steigern, um Sichtbarkeit und Renommee nicht nur der Forschenden, sondern auch der TUBAF in der wissenschaftlichen Community zu steigern. Sowohl die Anzahl der Publikationen insgesamt (vgl. Abb. 4) als auch der Anteil der begutachteten Papiere (Journalartikel, Konferenzbeiträge) haben sich in den letzten Jahren positiv entwickelt.

Im Zuge der zunehmend auf referierte, internationale Publikationen gerichteten Teilstrategie hat die Fakultät neben entsprechenden Anreizsystemen auch

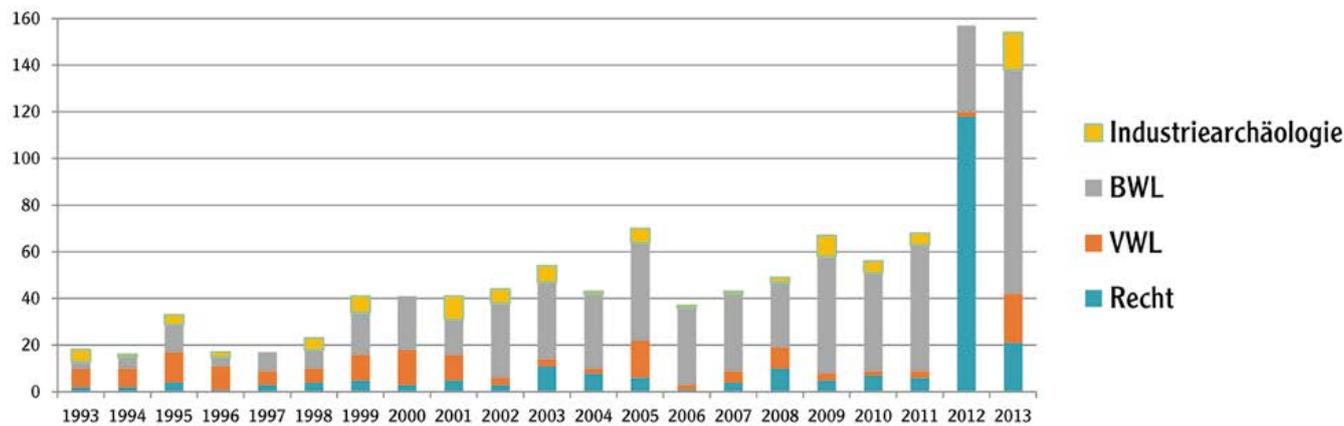


Abb. 4: Entwicklung der Publikationen

aufbauorganisatorische Erweiterungen installiert. So sich aus diesen jüngsten Innovationen keine negativen Erfahrungen ergeben, soll diese Teilstrategie perspektivisch fortgesetzt werden. Dabei gilt es, das Prinzip eines ausgewogenen Miteinanders von wirtschaftswissenschaftlicher Basis und ressourcenwirtschaftlichem Akzent zu finden, und dies auch konsequent für den Bereich der Forschung und deren Ergebnispublikationen.

Naturgemäß bringt nicht jeder Lehrstuhl gleichermaßen gute Voraussetzungen mit, ressourcenwirtschaftliche Forschungsthemen zu bearbeiten. Es ist aber nicht nur unkritisch, sondern sogar effizient und für den Diskurs befruchtend, wenn sich die Lehrstühle auf ihre jeweiligen Stärken konzentrieren und einen angepassten Beitrag zu den ressourcenorientierten Forschungsaktivitäten leisten.

Analog ist auch die Teilstrategie für die Drittmittelaktivitäten formuliert. Grundsätzlich soll auf dem derzeitigen, durchaus erfolgreichen Wege unter Berücksichtigung der lehrstuhlspezifischen Möglichkeiten und Grenzen fortgeschritten werden, der die Fakultät überdurchschnittlich gut voranführt, wie Abb. 5 verdeutlicht.

Mit Blick auf die Stärkung der Forschungs- wie der Drittmittelerfolge wird im Zuge der Neubesetzungen auch die aufbauorganisatorische Neuerung einer Instituts-/Departmentstruktur diskutiert. Indem hier thematische Schwerpunktgebiete gebildet werden, die verschiedene Lehrstühle unter einem – ressourcenorientierten – Dach enger zusammenbringen, werden die Voraussetzungen für ebenso ressourcenorientierte Forschungs-/Drittmittelprojekte verbessert – insbesondere für solche, die lehrstuhl- oder sogar fakultätsübergreifenden Cha-

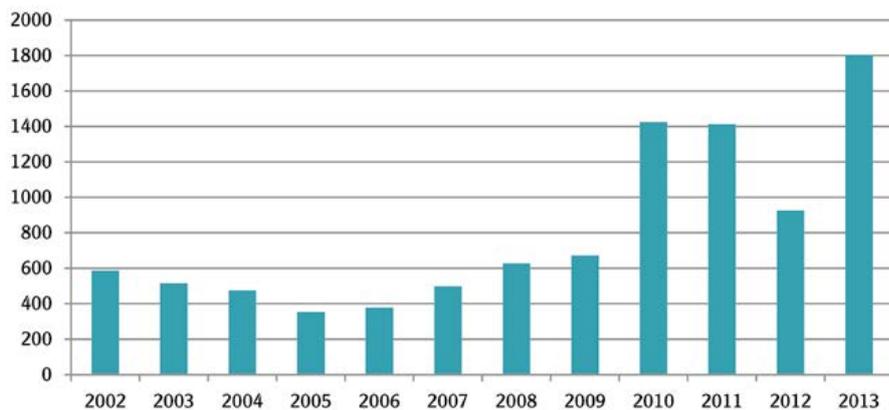


Abb. 5: Einnahmen aus Drittmittelprojekten der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät (in T€)

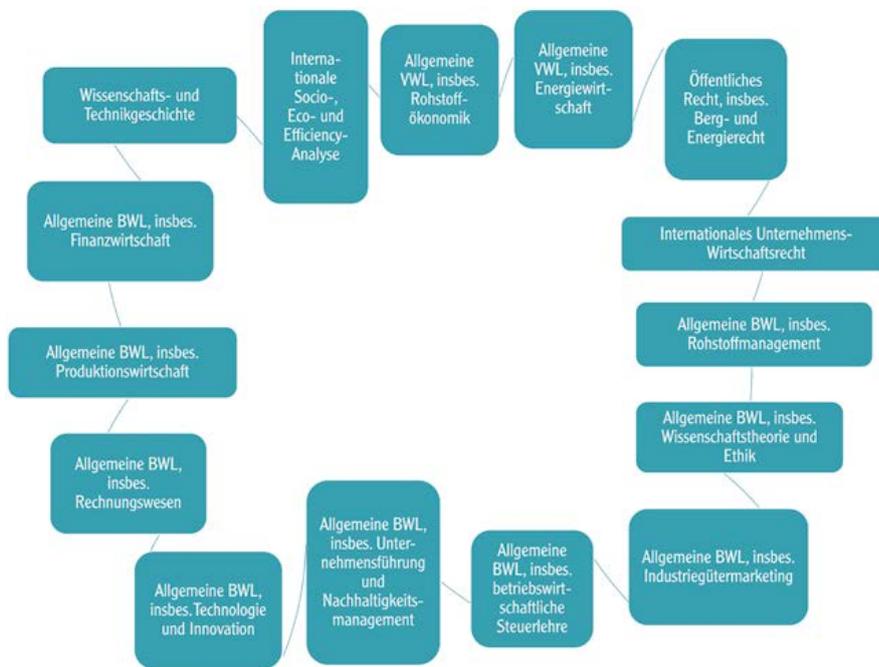


Abb. 6: Zielstruktur der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät aus heutiger Perspektive

rakter haben, ohne die notwendige Grundständigkeit in der Ausbildung zu behindern.

Die nachhaltige Realisierung ihrer Entwicklungsziele kann die Fakultät schließlich befördern, indem sie die entsprechenden Erfolge klar kommuniziert.

Diese kommunikationspolitische Teilstrategie zielt darauf, das Wissen verschiedener Adressaten inner- und außerhalb der Universität über das Leistungsangebot der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät zu verbessern, Missverständnisse und Vorbehalte auszuräumen, Errungen-

schaften ebenso wie künftige Möglichkeiten und Grenzen aufzuzeigen und so die Chance für eine für alle Seiten – die Studierenden, die anderen Fakultäten, die Universitätsleitung, die Praxispartner, die Politik – erfolgreiche Zusammenarbeit zu erhöhen.

Perspektive

Auf einen Blick lassen sich die anvisierten Entwicklungsziele am besten mit Hilfe der obenstehenden Abb. 6 verdeutlichen, welche die Zielstruktur der Fakultät zeigt, die sowohl im Hinblick auf die

Lehrstuhldenominationen als auch die einhergehenden Lehr- und Forschungsschwerpunkte zu verstehen ist. Den Gedanken der regelmäßigen Neu-Definition aufnehmend sind in den letzten Jahren die nötigen Fundamente gelegt worden, und die notwendigen Voraussetzungen sind in der Fakultät gegeben. Allein sind diese nicht hinreichend, denn hinzukommen müssen Schwesterfakultäten, eine Universitätsleitung sowie eine Hochschulpolitik, die dieses Engagement konstruktiv flankieren bzw. fördern. Unter dieser Voraussetzung sind die Entwicklungsperspektiven der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät in Freiberg so gut wie die der Technischen Universität Bergakademie Freiberg an sich, denn beide gehören untrennbar zusammen, um dauerhaft wirken zu können. Und so man sie lässt, steht weiteren 250 gemeinsamen und erfolgreichen Jahren nichts im Wege.

Im Folgenden werden nun Forschungsarbeiten und -themen ausgewählter Professuren vorgestellt, um erste Eindrücke von der profilorientierten Arbeit der Wissenschaftler an der Fakultät zu vermitteln.

Im Folgenden werden nun Forschungsarbeiten und -themen ausgewählter Professuren vorgestellt, um erste Eindrücke von der profilorientierten Arbeit der Wissenschaftler an der Fakultät zu vermitteln.



Wirtschaftlichkeit des Recyclings von Lithiumbatterien

Michael Höck, Peter-Paul Sittig

Einführung

Seit dem Jahr 2000 wurden allein in Deutschland mehr als 1,6 Milliarden lithiumhaltige Gerätebatterien – verbaut in Laptops, Tablet PCs, Handys etc. – in den Verkehr gebracht. Laut Batteriegesetz (BattG § 16) müssen die Gerätehersteller sicherstellen, dass gegenwärtig 40 % und ab dem Kalenderjahr 2016 45 % dieser Batterien einer ordnungsgemäßen (Wieder-)Verwertung zugeführt werden.¹ Dabei erfolgt das Batterierecycling in Deutschland überwiegend durch das Gemeinsame Rücknahmesystem Batterien (GRS Batterien), das insbesondere durch die im Einzelhandel aufgestellten grünen Sammelboxen der Öffentlichkeit bekannt ist. Der starke Zuwachs beim Anfall von gebrauchten Lithiumbatterien in elektronischen Altgeräten stellt das Rücknahmesystem vor große Herausforderungen, eröffnet aber auch neue Recyclingoptionen. Vor diesem Hintergrund wurde in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojekt »Hybride Lithiumgewinnung« an der TU Bergakademie Freiberg u. a. eine Marktstudie – eine Kalkulation des Wertschöpfungspotenzials dieser Recyclingoptionen sowie ein Konzept zur wirtschaftlich passablen Sammellogistik für Gerätebatterien erstellt.

¹ Bundesministerium der Justiz 2011

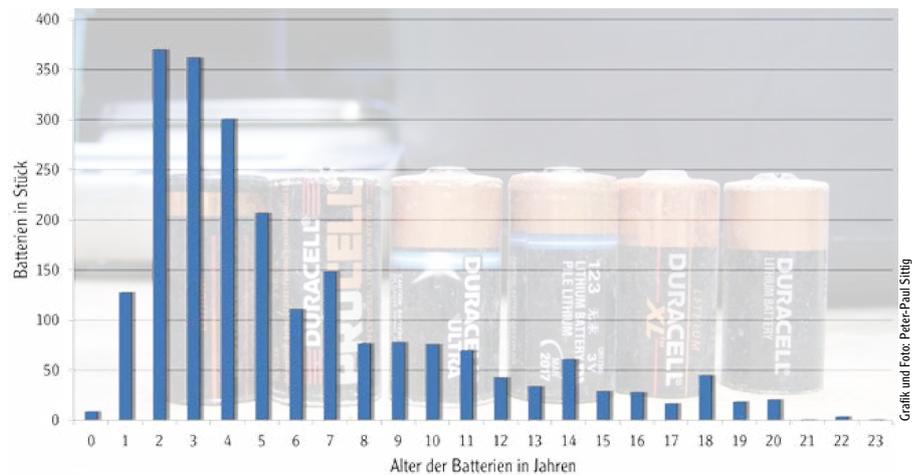


Abb. 7: Altersstruktur der lithiumhaltigen Primärbatterien

Aufkommen und Marktstudie Absatzmenge

Insgesamt wurden gemäß GRS Batterien im Jahr 2013 mehr als 1,35 Milliarden Primär- und 155 Millionen Sekundärbatterien in Deutschland abgesetzt.² Dies entspricht einem Zuwachs von rund 60 Prozent gegenüber dem Jahr 2000. Während die Primärbatterien mit ca. 23.500 Tonnen p.a. den weitaus größten Masseanteil und ein relativ konstantes Aufkommen aufweisen, ist bei den Sekundärbatterien im letzten Jahrzehnt ein deutlicher Anstieg auf ca. 9.000 Tonnen p.a. zu verzeichnen.³ Per Definition bezeichnet man eine Batterie, die nach dem Enden des in ihr zur Erzeugung elektrischer Energie genutzten irreversiblen chemischen Prozesses nicht wieder aufgeladen werden kann, als »Primärbatterie«. Eine »Sekundärbatterie« ist dagegen wieder aufladbar (»Akku«), da ihre Stromerzeugung auf einem reversiblen elektronischen Prozess basiert. Im Hinblick auf die

² GRS Batterien 2014

³ GRS Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (2014)

Sekundärrohstoffgewinnung für Lithium handelt es sich hierbei jedoch um relativ kleine Mengen, insbesondere wenn man berücksichtigt, dass der Anteil lithiumhaltiger Primärbatterien am Batterie-Gesamtaufkommen gering (ca. 2 %) ist und die Menge lithiumhaltiger Sekundärbatterien zwar steigt, aber nur rund ein Fünftel aller in den Verkehr gebrachten Akkus ausmacht. Die Grundidee der hybriden Lithiumgewinnung besteht deshalb darin, das Lithium-Batterie-Recycling mit der Aufbereitung von Erzen und Tiefenwässern zu kombinieren, um somit eine kostengünstige Verwertung zu erreichen. Die nachfolgende Betrachtung beschränkt sich auf das einschlägige Urban-Mining, d. h. die Sammlung und Sortierung der lithiumhaltigen Alt-Batterien.

Typologie

Mittels einer Typologie ließen sich 82 Hauptsysteme lithiumhaltiger Batterien identifizieren, wobei zwischen dem Typ (Primär- und Sekundärbatterie), dem chemischen System und den verwendeten Gehäuse-, Anoden-, Kathoden- und

Elektrolyt- sowie Separatormaterialien zu differenzieren ist.⁴ Ferner kann bezüglich der Bauform zwischen Knopf-, Rund-, prismatischen sowie Folien- und Flachzellen unterschieden werden. Den größten Anteil an der Batterieabsatzmenge haben momentan die Rundzellen, die beispielsweise in Laptops verbaut werden.⁵

Ergänzend zur Klassifikation der Lithiumbatterien wurde mittels einer Umfrage unter Experten eine Technologie-Roadmap erstellt, um die zukünftigen Entwicklungen auf dem Gebiet der Batterie-Technologie zu erfassen.⁶

Stockpile-Analyse

Zur Erfassung der Alters- und Mengenstruktur der im Recyclingprozess befindlichen Lithiumbatterien wurde eine Stockpile-Analyse bei der UNI-CYC GmbH in Bremerhaven durchgeführt.⁷ Die untersuchte Stichprobe umfasste ca. 9.500 Lithiumbatterien bzw. -akkumulatoren mit einer Gesamtmasse von 275 kg. Der Stichprobenmix entspricht den in den Jahresberichten der vergangenen Jahre ausgewiesenen Daten des GRS Batterien und besteht zu 70 % aus Primärbatterien, zu 25 % aus Sekundärbatterien und einem Ausschussanteil von 5 %. Ein Problem des Lithium-Urban-Mining ist die Vielfalt der gesammelten Batterien, die eine maschinelle Sortierung erschwert. So befinden sich beispielsweise allein von der Marke Duracell sechs unterschiedliche Varianten der Bauform 123 unter den in die Analyse einbezogenen Batterien. Anhand der Sicherheitsdatenblätter zeigte sich, dass die untersuchten Duracell-Batterien ausschließlich aus LiMnO_2 bestehen, wohingegen die Marke Energizer mit LiFeS_2 -Batterien vertreten ist. Eng mit dem Problem der Variantenvielfalt verbunden ist die mangelhafte Kennzeichnung der Batterien, insbesondere der Akkumulatoren. Hier findet sich lediglich der Aufdruck »Li-Ion«, der nur allgemein auf die Kategorie der Lithium-Ionen-Akkumulatoren hinweist. Bei einem Drittel der Angaben ist zusätzlich der Aufdruck »Li-Polymer« vorzufinden. Nähere Angaben zum eingesetzten chemischen System oder zum Herstellungsdatum fehlen.

4 GRS Batterien (2007); Meisenzahl, S./Sittig, P.-P./Höck, M. (2014); Johnson, B./White, R. (1998)

5 GRS Batterien (2014)

6 Meisenzahl, S./Sittig, P.-P./Höck, M. (2014)

7 Höck, M./Meisenzahl, S./Sittig, P.-P. (2013a)

Im Bereich der primären Lithiumbatterien sind vor allem vier chemische Zusammensetzungen vertreten. Derzeit ist LiMnO_2 am weitesten verbreitet: bei etwa 74,3 % aller verwendeten Primärbatterien. Weitere 23,7 % bestehen aus LiSOCl_2 ; die restlichen lithiumbasierten Primärbatterien bestehen aus LiFeS_2 (0,2 %) und Li(CF) (1,8 %). In der gezogenen Probe steht bei 39,8 % der primären Lithiumbatterien ein Haltbarkeits- oder Herstellungsdatum auf dem Aufdruck. Diese Batterien haben ein Durchschnittsalter von sechs Jahren. Die jüngste erfasste Batterie wurde 2011 produziert und binnen eines Jahres recycelt, wohingegen die älteste Batterie bereits 1988 produziert wurde und ihren Weg erst 23 Jahre nach Herstellung zurück in den Kreislauf gefunden hat.

Für den in den letzten Jahren stark gewachsenen Anteil der Lithium-Sekundärbatterien fehlen entsprechende Daten. Lediglich 15 der betrachteten 2.238 Akkumulatoren tragen eine Datumsangabe, was für diese ein Durchschnittsalter von zwölf Jahren ausweist. Tendenziell bestätigt sich somit die Aussage, dass Lithiumakkumulatoren heutzutage über mehr als 10 Jahre hinweg gehortet und folglich erst weit nach der typischen Nutzungsdauer dem Recycling zugeführt werden.⁸ Ob dies auch in Zukunft so sein wird, lässt sich schwer beurteilen. Grundsätzlich handelt es sich bei Lithium-Alt-Batterien jedoch immer um ein Stoffgemisch mit schwankender Zusammensetzung. Die fortlaufenden Veränderungen in der Stoffrezeptur erfordern eine robuste Verwertungstechnologie und erschweren die Bestimmung des Wertschöpfungspotenzials, das es mit dem Batterierecycling zu erschließen gilt.

Wertschöpfungspotenzial

Die Stockpile-Untersuchung sowie die Auswertung von 168 Sicherheitsdatenblättern einschlägiger Batteriehersteller dienten als Grundlage zur groben Quantifizierung des Wertschöpfungspotenzials lithiumhaltiger, aus Altgeräten gewonnener Batteriematerialgemische. Generell zählen neben Cobalt, Aluminium und Kupfer auch Stahl, Nickel sowie Mangan zu den werthaltigen Inhaltsstoffen der Lithiumbatterien. In den derzeit praktizierten Verwertungsprozessen werden besonders Stahl, Cobalt, Kupfer sowie teilweise Mangan und Nickel gewonnen. Gleichwohl ist zu beobachten, dass der

8 Meisenzahl, S./Sittig, P.-P./Höck, M. (2014)

Anteil der in den Verkehr gebrachten cobalthaltigen Lithiumbatteriesysteme stark rückläufig ist. Während die Batterie-Rücknahmesysteme bis vor wenigen Jahren aufgrund des enthaltenen Cobalts bis zu 1.000 EUR pro gesammelter Tonne Lithium-Akkumulatoren erzielten, sind inzwischen – umgekehrt – hohe Entsorgungskosten an die Verwertungsbetriebe zu entrichten. Die Weiterentwicklungen der chemischen Systeme der Lithiumsekundärbatterien haben dazu geführt, dass die bisher gebräuchlichen Recyclingtechnologien immer weniger wirtschaftlich betrieben werden können. Es bedarf somit neuer, vor allem kostengünstiger Verwertungstechniken, um die werthaltigen Inhaltsstoffe der Batterien in einen Kreislauf zurückzuführen. Gleiches gilt auch für das im aktiven und inaktiven Material einer Gerätebatterie enthaltene Lithium, das derzeit nicht zurückgewonnen und auf Deponien entsorgt wird. Per saldo ergibt die Untersuchung der Stoffströme, dass jährlich zwischen 677 und 764 t Lithiumcarbonat aus dem Recycling lithiumhaltiger Gerätebatterien wiedergewonnen werden können. Dies entspricht einem heutigen Marktwert von 3,0 bis 3,4 Millionen EUR. Unter Berücksichtigung aller weiteren Bestandteile des Batteriegemisches ergibt sich ein maximales Wertschöpfungspotenzial von 15,2 bis 17,2 Millionen EUR pro Jahr. Inwieweit dieses Potenzial ausgeschöpft werden kann, ist von der eingesetzten Aufbereitungs- und der weiteren nachgeschalteten Verfahrenstechnik abhängig. Ferner sind im Rahmen des Urban-Mining natürlich auch die Kosten der Sammlung und der Sortierung zu berücksichtigen.

Kosten der Sammlung und Sortierung

Gegenwärtig betragen die Sammelkosten (Sammlung und Transport) ca. 530 EUR je t Batteriegemisch. Sie fallen in jenem Batterie-Rücknahmesystem an, das gegenwärtig aus rund 170.000 Sammelstellen in 16 Bundesländern respektive ca. 402 Landkreisen besteht. Die Kosten der Sammlung im jeweiligen Nahbereich sind dabei mehr als viermal so hoch wie die Kosten im Fernverkehr für den Transport zur Sortieranlage. Die Kosten der Sortierung einer Tonne Batteriegemisch belaufen sich auf 220 bis 325 EUR – in Abhängigkeit von der Qualität des Batteriegemisches und dessen Zusammensetzung. Unter Beachtung des

Wertschöpfungspotenzials sowie der davon in Abzug zu bringenden Transport- und Sortierkosten stehen somit im Mittel bis zu 3.844 EUR je Tonne lithiumhaltigen Batteriegemischs als Überschuss zur Verfügung. Diese Zielkostenrechnung verdeutlicht nochmals die Notwendigkeit einer kostengünstigen Lithiumbatterie-Recyclingtechnik.

Zwischenfazit aus Sicht der Nachhaltigkeit

Außer zur Wertschöpfung soll das Recycling von lithiumhaltigen Gerätebatterien einen Beitrag zur Umweltentlastung und Ressourcenschonung leisten. Entsprechend dem Grundgedanken des Batteriegesetzes sind hierzu alle notwendigen Prozesse entlang der Entsorgungslogistik auf deren ökologische Auswirkungen bzw. eventuelle Umweltmehrbelastungen zu prüfen. Umsetzung und Kontrolle der Einhaltung der ökologischen Anforderungen stellen wesentliche Anforderungen an die Organisation und an das persönliche Verhalten der am Batterie-Rücknahmesystem Beteiligten. Dies gilt insbesondere für die Sammellogistik.

Sammellogistik – neue Konzepte und Anforderungskatalog Besondere Anforderungen an die Sicherheit des Recyclingsystems

Aufgrund des überproportional wachsenden Aufkommens an lithiumhaltigen Gerätebatterien ergeben sich besondere Anforderungen an die Sicherheit des Transports und der Lagerung. Typische Risiken dabei sind Brand, Explosion, Gasung und das Freiwerden potenziell giftiger und daher gesundheitsgefährdender Stoffe. Dementsprechend gibt es für jede auf dem deutschen Markt erhältliche Batterie ein Batteriesicherheitsdatenblatt des Herstellers, in dem Maßnahmen zum sicheren Umgang mit ihr beschrieben sind. Ein Beispiel hierfür ist die dort ausgewiesene maximal zulässige Nenntemperatur für eine Vielzahl lithiumhaltiger Batterien von 85 °C, die bereits bei starker Sonneneinstrahlung erreicht werden kann. Diese Temperaturgrenze gilt es in allen Entsorgungsstufen einzuhalten. Des Weiteren können elektrische Kurzschlüsse aufgrund des hohen Energiegehalts der Lithiumbatterien hochgradig exotherme Reaktionen auslösen, d. h. Explosionen zur Folge haben. Solche Batteriegemisch-Brände können mit speziellem Sand nur sehr langsam unter Kontrolle gebracht werden und ha-

ben bereits größere Schäden im Batterie-Rücknahmesystem verursacht.

Logistikkonzepte der wirtschaftlichen Entsorgung

Angesichts der hohen Sicherheitsanforderungen beim Transport und bei der Lagerung von Lithiumbatterien ist zu prüfen, inwieweit die Sammellogistik zu reorganisieren wäre. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen einer Logistikstudie vier Konzepte untersucht.⁹ Diese Konzepte benennen Zeitpunkte bzw. Orte, an denen Lithiumbatterien sinnvollerweise vom allgemeinen Batteriegemisch getrennt werden können. Ziel ist die Identifikation des bestmöglichen Entkopplungspunkts unter Berücksichtigung der Sicherheitsanforderungen, des konkreten Verlaufs der Stoffströme und der Logistikkosten.

Als wesentliche Prinzipien wurden in der Studie (A) die Vorverdichtung des Sammelguts von Lithiumbatterien im Handel bei der Nutzung von Handelsdepots, (B) die Errichtung eines Zentraldepots für Lithiumbatterien je Bundesland, (C) eine Übergangslösung zur Getrennterfassung von Lithiumbatterien und (D) die vollständige Separation ihrer Entsorgung durch ein eigenständiges Rücknahmesystem ab dem Erzeuger untersucht und die dabei zu erwartenden Kosten mit denen des bestehenden Rücknahmesystems verglichen.

Die anfallenden Gerätebatterien werden im Handel, in der Industrie und in öffentlichen Einrichtungen in geeigneten Behältern gesammelt und anschließend der Sortierung und Verwertung zugeführt. Bei der Konzipierung der Sammellogistik wurden sowohl die Aufkommensverteilung der Batterien mit der Zuordnung zu potenziellen Sortieranlagen als auch eine mittelfristig prognostizierte Aufkommenserhöhung von derzeit rund 500 auf über 3.000 Tonnen Lithiumbatterien pro Jahr berücksichtigt. Mittels eines Optimierungsmodells wird dabei die Summe der Transportkosten ebenso betrachtet wie die Kosten der Sortierung.

Bewertung der Logistikkonzepte

Derzeit wird der größte Teil der 14.500 Tonnen Altbatterien, darunter die genannten 500 Tonnen Lithiumbatterien, im Handel gesammelt. Dieses Aufkommen wurde in der Untersuchung anteilig zu 50 % den

⁹ Höck, M./Meisenzahl, S./Sittig, P.-P. (2013b), Sittig, P.-P. (2013)

231 Logistikzentren ausgewählter Handelsketten zugeordnet, was der gängigen Praxis der entgeltlichen Vorverdichtung des Sammelguts von Batterien im Handel entspricht. Im Ergebnis dieser Variante (A) kommt es zu keiner Änderung der Auslastung der Sortieranlagen im Vergleich zu der im bereits etablierten Rücknahmesystem. Die Logistikkosten bleiben ebenfalls vergleichbar.

Durch die Errichtung eines Zentraldepots je Bundesland soll nach der Variante (B) eine Konsolidierung der Transporte erfolgen, womit die Transportkosten reduziert würden. In einer Modellberechnung wird dies bestätigt, obgleich eine starke Abhängigkeit von den für ein Zentrallager zu veranschlagenden Investitionskosten besteht. Eine konkrete Planung an jedem einzelnen Standort zur realistischen Kostenabschätzung war im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht möglich, so dass dieser Variante (B) eine erhebliche Planungsunsicherheit zugrunde liegt.

Eine Übergangslösung auf dem Weg zu einem separaten Rücknahmesystem für Lithiumbatterien wäre die Getrennterfassung an den Aufkommensorten. Ihr Vorteil liegt in den anfangs geringeren Investitionskosten. Der Transport könnte teilweise im Rahmen der bereits gängigen Sammellogistik erfolgen. Allerdings sind bei dieser Variante die Sicherheitsanforderungen nur in unzureichendem Maße erfüllbar.

Die vollständige Trennung des Recyclings lithiumhaltiger Batterien durch Einrichtung eines eigenständigen Rücknahmesystems ab dem Erzeuger würde beim derzeitigen Aufkommen gleichgroße bis geringfügig höhere Kosten gegenüber dem bereits praktizierten System verursachen. Von Vorteil sind aber unbedingt die separate Erfassung und die somit bestmögliche Erfüllung insbesondere der Sicherheitsanforderungen sowie die klare Abrechnung von Sammel-, Verdichtungs- und Transportleistungen. Bei einem zukünftig höheren Aufkommen kann man aufgrund von Skaleneffekten etwa gleichgroße bis geringere Kosten je Tonne Lithium-Batteriegemisch erwarten.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchung der verschiedenen Entsorgungslogistikkonzepte hat gezeigt, dass sich die Logistikkosten in durchweg vergleichbarer Größenordnung bewegen, jedoch durch die Errichtung von Zwischenlagern gesenkt werden können.

Um diesen Aspekt genauer zu fassen, wurde modellseitig Deutschland in mehrere (Groß-)Regionen untergliedert und diese mit je einem Konsolidierungspunkt versehen. Es stellte sich heraus, dass erst bei einem jährlichen Aufkommen von ca. 18.000 Tonnen Batteriegemisch bzw. ca. 3.000 Tonnen Lithiumbatterien je ein Lager in Bayern/Baden-Württemberg und eines im westdeutschen Ballungsraum sinnvoll wäre.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Menge der in den Verkehr gebrachten Gerätebatterien, insbesondere von Lithiumakkumulatoren, die einer ordnungsgemäßen Verwertung zugeführt werden müssen, stetig wächst. Die erhöhten Sicherheitsanforderungen sowie die Vielfalt und die zugleich mangelhafte Kennzeichnung der Lithiumbatterien stellen das bestehende Rücknahmesystem vor große Herausforderungen. Die Logistikkosten des Batterierecyclings werden sich durch die Zunahme des Anteils der Lithiumbatterien nicht maßgeblich ändern.

Entscheidend für den zukünftigen Erfolg des Urban-Mining von Lithium-Gerätebatterien ist jedoch die Sammelquote.

Tab. 1: Recyclingleistung im Überblick

(2012)	Sammelquote [%]	Sortierquote [%]	Verwertungsquote [%]	Recyclingleistung [%]
Batterien allgemein	44,00	98,00	99,12	42,74
Knopfzelle	15,95	98,00	89,04	13,92
Rundzellen	7,42	98,00	76,04	5,53
Gesamt	8,74	98,00	78,87	6,76

Betrachtet man die gesamte Recyclingleistung bei den Batterien – sprich: das Produkt aus Sammel-, Sortier- und Verwertungsquote, so wird deutlich, dass die Sortier- und Verwertungsanlagen an sich bereits mit einem hohen Wirkungsgrad arbeiten (vgl. Tabelle 1). Deutlich geringer ist dagegen die Sammelquote, die bei einzelnen Kategorien von Lithiumbatterien unter 10 % liegt. Die damit verbunden geringe Recyclingleistung lässt sich zum Teil durch den stark wachsenden Anfall von Lithium-Akkumulatoren und die Hortung von Laptops, Handys, etc. in den Haushalten erklären. Im Übrigen fehlt es an kostengünstigen Recyclingtechniken, die es erlauben würden, alle werthaltigen

Inhaltstoffe der Lithiumakkumulatoren wirtschaftlich aufzubereiten. Mit dem Projekt »Hybride Lithiumgewinnung« erforscht die TU Bergakademie Freiberg die Optionen der Erstellung und das Design einer solchen Technologieplattform.

Literatur

- GRS Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (2014). Jahresbericht 2014: mit Erfolgskontrolle nach Batteriegesezt, Hamburg.
- GRS Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (2007). Welt der Batterien, Hamburg 2007.
- Höck, M. / Meisenzahl, S. / Sittig P.-P. (2013a). Marktstudie des Batterieaufkommens und der Batterierückgabe, speziell der Lithiumbatterien, Müll und Abfall, 45. Jg, S. 304-310.
- Höck, M. / Meisenzahl, S. / Sittig P.-P. (2013b). Neue Konzepte – Batterien; Logistik Heute, 12/2013, S. 58-59.
- Johnson, B. / White, R. (1998). Characterization of commercially available lithium-ion batteries, Journal of Power Sources, Vol. 70, S. 48-52.
- Meisenzahl, S. / Sittig, P.-P. / Höck, M. (2014). Zukunftstechnologie Lithium-Batterien – Technologie-Roadmap für Lithium-Gerätebatterien, Chem. Ing. Tech., Vol. 86, S. 1-8.
- Sittig, P.-P. (2013). Entwicklung eines Konzepts zur Entsorgungslogistik für lithiumhaltige Gerätebatterien, Dissertation, TU Bergakademie Freiberg 2013.

Ganzheitliche Bewertung von Ressourcen- und Energietechnologien als unternehmerischer Erfolgsfaktor

Michael Nippa

Die Forschung an und die Entwicklung von innovativen Energie- und Ressourcentechnologien ist vor dem Hintergrund einer weiterhin wachsenden Weltbevölkerung, sich angleichender Lebensstandards – insbesondere in vielen aufstrebenden Volkswirtschaften – sowie nur begrenzt verfügbarer natürlicher Rohstoffe unabdingbar. Neben der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung und der technisch orientierten angewandten Forschung einschlägiger Ingenieurwissenschaften, die traditionell an der TU Bergakademie Freiberg prominent vertreten sind, ist es notwendig, sozialwissenschaftliche und insbesondere wirtschaftswissenschaftliche Erkenntnisse in einen ganzheitlichen Bewertungs- und Implementierungsansatz zu integrieren.

Warum gehören sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Forschungen und Lehrangebote zu einer zukunfts-

fähigen TU, die sich als weltweit führende Ressourcenuniversität begreift? Weil die Erforschung innovativer Energie- und Ressourcentechnologien zum einen die Kombination hochspezialisierten Wissens benötigt, das nicht nur die technische Machbarkeit nachweist, sondern auch deren ökonomische Vor- oder Nachteilhaftigkeit berücksichtigt. Zum anderen verdeutlichen Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene, dass auch Projekte, Vorhaben oder Technologien, die technisch und ökonomisch vorteilhaft sind, nicht oder nur bedingt umgesetzt werden können, da sie auf massiven Widerstand der Bevölkerung – von individuell Betroffenen oder einzelnen Interessengruppen – treffen. Erwähnt seien an dieser Stelle die friedliche Nutzung der Atomenergie, die Erschließung einheimischer Braunkohlenvorkommen, die Gewinnung von Metallen aus als bereits als geschlossen klassifiziert gewesenen Halden, das Fracking- oder CCS-Vorhaben. Selbst die von der Mehrheit der deutschen Bevölkerung unterstützte Energiewende sieht sich bei der konkreten technisch-wirtschaftlichen Umsetzung regionalen und lokalen Wi-

derständen gegenüber, wie dies beispielsweise bei Pumpspeicherkraftwerken, weiteren Onshore-Windparks oder dringend benötigten neuen Stromtrassen evident ist.¹

Im Sinne einer Renaissance der Technikfolgenabschätzung, der ganzheitlichen Wirtschaftlichkeitsbewertung sowie der Akzeptanzforschung ist eine verstärkt interdisziplinäre Zusammenarbeit der Fakultäten der TU Bergakademie Freiberg notwendig. Die Professur für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Unternehmensführung und Personalwesen, ist unter der Leitung von Prof. Dr. Michael Nippa seit 2010 in mehrere interdisziplinäre Großprojekte der Bergakademie eingebunden. Parallel dazu forschen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Professur zu originären Herausforderungen und Problemstellungen der strategischen Unternehmensführung (bspw. Corporate Portfolio Management, Erfolgsfaktoren internationaler Joint Ventures), der Mitarbeiterführung (bspw. Statusstreben, Management virtueller Forschungsteams) sowie des Personalmanagements (bspw. Bedingungen

¹ Nippa, M. / Meschke, S. (im Erscheinen)

und Konsequenzen von Mitarbeiterloyalität, Vetterwirtschaft, Aufbau eines Career Centers). Im Folgenden soll anhand zweier konkreter Beispiele die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit der Beantwortung komplexer Gestaltungsfragen auf dem Gebiet der ganzheitlichen Bewertung von Ressourcen- und Energietechnologien auf der Basis interdisziplinärer Problemlösungen – insbesondere der dazu von der Unternehmensführung zu erbringende Beitrag – dargestellt werden.

Akzeptanzforschung im Umfeld innovativer Kohle- und Biomasetechnologien

Allein die Tatsache, dass die Stein- und die Braunkohle ungeachtet steigender Anteile der erneuerbaren Energien am Energie-Gesamtaufkommen derzeit mit etwa 44 % zur deutschen Stromerzeugung beitragen und dieser Prozentsatz vor dem Hintergrund des beschlossenen Atomausstiegs auch mittelfristig nicht signifikant geringer werden wird, erklärt den weiterhin akuten Bedarf an der Erforschung technisch und ökonomisch effizienter, zugleich aber auch ökologisch verträglicher Kohle- und Biomasetechnologien. Darüber hinaus ist – eigenen Studien nach zu urteilen² – der breiten Öffentlichkeit nur in unzureichendem Maße geläufig, dass Kohle und Biomasse auch stofflich genutzt werden können und dass dies vor dem Hintergrund der Verteuerung des Rohstoffs Öl bzw. zu vermutender zukünftiger Lieferengpässe auch im Interesse der Versorgungssicherheit ökonomisch vorteilhaft ist. Im Bereich der Forschung an innovativen Kohle- und Biomasetechnologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Erkundung bis hin zur Verarbeitung – verfügt die TU Bergakademie Freiberg über eine lange Tradition, die sich bis heute weltweit einer exzellenten Reputation erfreut.

Wie einleitend bereits festgestellt, ist natur- und ingenieurwissenschaftliche Exzellenz allein nicht ausreichend, um unter allen Aspekten nachhaltig erfolgreiche und gesellschaftlich akzeptierte Technologien weiterzuentwickeln und zu etablieren. In Deutschland gibt es seit längerem wachsenden Widerstand gegen die weitere Nutzung von Kohle – namentlich gegen den Aufschluss neuer Braunkohletagebaue und insbesondere

2 Nippa, M./ Lee, R. P./ Gloaguen, S./ Meschke, S./ Hanebuth, A. (2013)

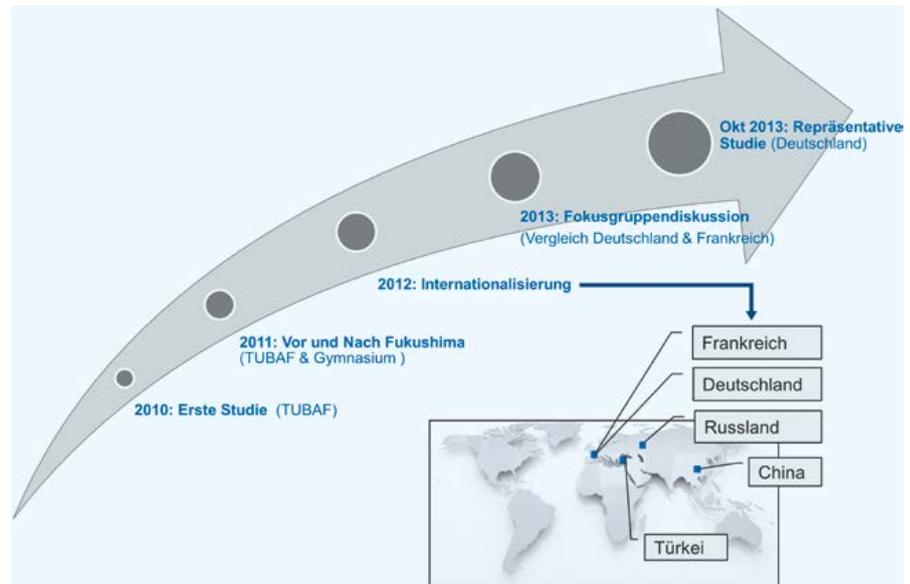


Abb. 8: Übersicht über die bisherigen Forschungsaktivitäten

gegen die Kohleverstromung (Stichwort: klimaschädlicher CO₂-Ausstoß). Wenn gleich sich dieser Widerstand vordergründig nicht gegen Kohle- und Biomaseforschungen richtet, so sind deutliche Auswirkungen auch auf dieses Feld zu erwarten. Aus diesen Gründen wurde im Rahmen des durch das BMBF geförderten Verbund-Projekts »Deutsches EnergieRohstoff-Zentrum (DER)«, das sich als international sichtbares Kompetenzzentrum der deutschen Kohleforschung versteht, durch wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der o. g. Professur unter anderem die Art und Intensität der öffentlichen Wahrnehmung und der mit ihr korrespondierende Grad an Akzeptanz der Kohleindustrie im internationalen Vergleich untersucht.

Als Teil der wirtschaftswissenschaftlichen Begleitforschung im DER, die sich speziell den Forschungslinien »Kooperationsplattform« und »Professional School« widmet, erzielte die Akzeptanzforschung besondere Aufmerksamkeit bei den Fördergebern. Die mit dieser Forschung verfolgten Zielsetzungen sind insbesondere, einen Beitrag zur Erfolgswirksamkeit der gesamten Forschungsinitiative zu leisten, wissenschaftliche und damit unabhängige Untersuchungen zum Image der Kohle im Vergleich zu anderen Energieträgern und im internationalen Kontext durchzuführen, um darauf aufbauend Leitlinien zur Akzeptanzhandhabung zu entwerfen.

Unter Rückgriff auf Forschungen zur Risikowahrnehmung (speziell in den Arbeiten von Paul Slovic abgehandelt) und durch Adaption bewährter methodischer

Vorgehensweisen (wie der Assoziations-technik) wurden unter Studierenden der TU Bergakademie Freiberg sowie vergleichbarer Universitäten in mehreren Ländern (vgl. Abb. 8) frappierende nationale Unterschiede in der Wahrnehmung relevanter Energietechnologien identifiziert, die unter anderem darauf hindeuten, dass die Einstellungen zu diesen Energieträgern durch gesellschaftliche und mediale Beeinflussungen durchaus tief, aber vorwiegend nur affektiv in den Köpfen der Menschen verankert sind. Daraus lässt sich ableiten, dass kurzfristige »Werbekampagnen« zur Steigerung des Images der Kohle oder zur Erhöhung der Akzeptanz der sie verarbeitenden Industrien wirkungslos sind und man aus betriebswirtschaftlicher Sicht von herausgeworfenem Geld reden kann, wenn man solche Kampagnen startet. Diese Art der Sozialisierung von Wahrnehmungen und Einstellungen wurde insbesondere in Auswertung von Fokusgruppendifkussionen an französischen Universitäten sowie durch Vergleichen der auffälligsten Assoziationen vor und nach Fukushima deutlich.³

Wie wichtig eine ganzheitliche Bewertung von Energietechnologien gerade für die Akzeptanzdiskussion ist, wurde im Ergebnis einer im Herbst 2013 durchgeführten repräsentativen Akzeptanzstudie gezeigt.⁴ Eine differenzierte Betrachtung einzelner Bewertungsdimensionen (ökologisch, sozial, ökonomisch) zeigt, dass Kohle von der Bevölkerung mitnich-

3 Nippa, M./ Lee, R. P. (2014)

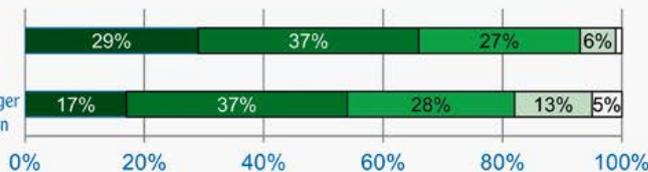
4 Nippa, M./ Lee, R. P./ Gloaguen, S./ Meschke, S./ Hanebuth, A. (2013)

Ökologische Einflussfaktoren

»Ich habe große Bedenken in Bezug auf die Auswirkungen der Kohlekraftwerke in Deutschland auf die Umwelt.«

»Kohle ist ein heimischer Rohstoff, so dass in geringerem Maße andere Energieträger aus dem Ausland importiert werden müssen. Dadurch entfallen Umweltbelastungen durch lange Transportwege.«

■ stimme voll und ganz zu ■ stimme eher zu ■ stimme eher nicht zu □ stimme überhaupt nicht zu □ keine Angabe/weiß nicht

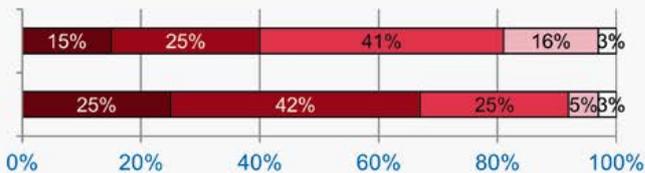


Soziale Einflussfaktoren

»Ich habe große Bedenken in Bezug auf die Auswirkungen der Kohlekraftwerke in Deutschland auf meine Gesundheit.«

»Die Nutzung heimischer Kohle und alle damit verbundenen Industriezweige und Unternehmen sichern in Deutschland viele Arbeitsplätze.«

■ stimme voll und ganz zu ■ stimme eher zu ■ stimme eher nicht zu □ stimme überhaupt nicht zu □ keine Angabe/weiß nicht

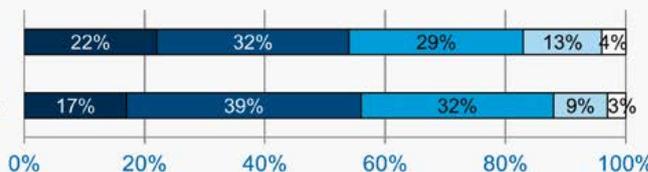


Ökonomische Einflussfaktoren

»Die Stromkosten in Deutschland würden zu stark ansteigen, wenn wir keine Kohlekraftwerke hätten.«

»Kohle ist ein heimischer Rohstoff und gewährleistet Energieversorgungssicherheit in Deutschland.«

■ stimme voll und ganz zu ■ stimme eher zu ■ stimme eher nicht zu □ stimme überhaupt nicht zu □ keine Angabe/weiß nicht



N = 1008

Abb. 9: Ökologische, soziale und ökonomische Bewertungen der Kohle – wichtige Einflussfaktoren auf die Akzeptanz des Energierohstoffs Kohle⁵

»In Deutschland brauchen wir Kohlekraftwerke, weil erneuerbare Energiequellen unseren Strombedarf noch nicht decken können.«



»Deutschland benötigt viel Strom, die Menschen müssen daher Kohlekraftwerke auf längere Sicht akzeptieren.«



N = 1008; Zustimmung entspricht Summe aus stimme voll und ganz zu und stimme eher zu; Ablehnung entspricht Summe aus stimme eher nicht zu und stimme nicht zu.

Abb. 10: Akzeptanz von Stromerzeugung auf Kohlebasis als Brückentechnologie⁶

ten durchweg als negativ Einstufendes angesehen wird (vgl. Abb. 9).

Damit zusammenhängend konnte auch nachgewiesen werden, dass Befürworter und Gegner einer weiteren Nutzung speziell der heimischen Braunkohle zu fast gleichen Teilen in der deutschen Bevölkerung vertreten sind – entgegen der durch die Medien und gewisse Interessengruppen überwiegend kolportierten grundsätzlichen Ablehnung (siehe Abb. 10). Es ist dabei aber auch zu betonen, dass es sich hierbei zumeist um eine bedingte Akzeptanz handelt. Sobald sich abzeichnet, dass erneuerbare Energiequellen die Stromversorgung absichern können, ist es vorbei mit der Akzeptanz.

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass (1.) das Wissen über die energeti-

sche und stoffliche Nutzung der Kohle trotz der diesbezüglichen Informationsflut erschreckend unzureichend ist und dass (2.) die persönliche Betroffenheit, gemessen an der räumlichen Entfernung des Wohnorts zum Tagebau bzw. zu Kohlekraftwerken, mit einem höheren Wissenstand und einer höheren Akzeptanz einhergeht.

Als generelle Erkenntnis aus unseren Forschungen ist davor zu warnen, die hier auszugsweise dargestellten Ergebnisse als Spezifika der Kohleindustrie abzutun. Unseres Erachtens ergibt sich für weitere, nicht hauptsächlich an der TU

⁵ Nippa, M./ Lee, R. P./ Gloaguen, S./ Meschke, S./ Hanebuth, A. (2013)

⁶ Nippa, M./ Lee, R. P./ Gloaguen, S./ Meschke, S./ Hanebuth, A. (2013)

Bergakademie Freiberg erforschte und entwickelte Technologien die Notwendigkeit, die Frage der marktlichen und gesellschaftlichen Akzeptanz frühzeitig mit in ein auf Nachhaltigkeit orientierendes Kalkül und Konzept einzubeziehen.

Forschungen zur ganzheitlichen Bewertung von Projekten zur Steigerung der Ressourceneffizienz der Gewinnung und Verwendung strategischer Metalle und Mineralien

Die Förderung von Technologien, die die Effizienz der Ressourcennutzung erhöhen sollen, ist Gegenstand der r³-Fördermaßnahme des BMBF, durch die deutschlandweit mehrere Forschungsansätze für eine nachhaltige Steigerung der Versorgungssicherheit und zur Reduktion der Importabhängigkeit Deutschlands bei strategisch wichtigen Metallen und Industriemineralien gefördert werden.

Die in Summe 28 geförderten Verbundprojekte lassen sich den Forschungsclustern »Recycling« »Materialeinsparung/Substitution«, »Urban Mining« und »Nachhaltigkeitsbewertung« zuordnen. Unter der Leitung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) und in Kooperation mit fünf weiteren Partnern stehen im Rahmen des Integrations- und Transferforschungspro-

jekts INTRA r³⁺ auf der Agenda: Aufgaben der internen Vernetzung, der Öffentlichkeitsarbeit, der Verbesserung von Kooperationen auf nationaler und internationaler Ebene sowie der Bewertung des Beitrags zur Nachhaltigkeit, der Wirtschaftlichkeit und der Versorgungssicherheit (*weitere Informationen unter www.r3-innovation.de*).

Die übergreifende Bewertung der tatsächlichen Wirksamkeit dieser Technologien hinsichtlich ihres Beitrags zur Verbesserung der Ressourceneffizienz sowie der Nachhaltigkeit ist hierbei von grundsätzlichem Interesse, nicht nur seitens der Drittmittelgeber. Zugleich bietet sich die Chance, eine kritische Prüfung bislang praktizierter Bewertungsmethoden sowie die Entwicklung adäquater Ansätze im Zusammenhang mit unterschiedlichen F&E-Projekten von Technologien zur Steigerung der Ressourceneffizienz durchzuführen, beispielsweise zur Erschließung des Rohstoffpotenzials historischer Halden oder zur Gewinnung strategischer Rohstoffe aus deponierten Abfällen. Die so aufbereiteten Beispiele unterstützen eine verbesserte Übertragung der Nachhaltigkeitsbewertung in die breite Praxis.

Die federführende Professur setzt sich als Projektpartner mit einem ganzheitlichen Bewertungsansatz auseinander, der ausgehend von der Erarbeitung projektspezifischer und genereller Herausforderungen sowie grundlegender methodisch-konzeptioneller Überlegungen hin zu einer problemadäquaten, integrativen Lösung führt. Auf die Besonderheiten des von uns verfolgten Ansatzes wurde in einem mit dem Konsortialführer abgestimmten Beitrag »Ganzheitliche Technologiebewertung und Technikfolgenabschätzung in Projekten zur Steigerung der Ressourceneffizienz« in der ACAMONTA 20 (2013) ausführlich eingegangen.

In einem ersten Schritt erfolgt dazu die Sichtung und Bewertung der in wissenschaftlichen Literatur am häufigsten diskutierten und angewendeten Methoden – unter anderen *Life Cycle Assessment*, *Cost-Benefit Analysis*, *Multi-Criteria Decision Analysis* und *System Dynamics*.

Die systematische, detaillierte Evaluierung des gegenwärtigen Forschungsstandes zeigt, dass u. a. grundlegende Prinzipien der Nachhaltigkeit in der Anwendung vielfach nur ansatzweise oder unvollständig begründet werden. Dies kann durchaus als Grund dafür angese-

hen werden, dass aktuell immer noch ständig neue Diskussionen hinsichtlich einer allgemein anerkannten Definition von »Nachhaltigkeit« geführt werden, die eine Übertragung dieses Prinzips in die Forschungs- und Unternehmenspraxis nicht vereinfachen. Für die ganzheitliche Technologiebewertung bildet eine konkrete Bestimmung der Ressourceneffizienz einen Baustein, für den jedoch bis heute auch nur unterschiedliche Definitionsvorschläge bzw. Berechnungsansätze vorliegen. Darüber hinaus trifft beispielsweise die Erstellung der in der Praxis allgemein etablierten Ökobilanzen auf Grenzen, da die Datengrundlage, insbesondere in der Forschung zu neuen Technologien, oftmals sehr unzureichend ist oder große Unsicherheiten hinsichtlich der *Upscale*-Fähigkeit von Ergebnissen aus Laborversuchen beinhaltet. Gleichwohl kann sie bei guter Datengrundlage zu guten Ergebnissen führen.

Unabhängig von diesem einzelnen Beispiel zeigt unsere Recherche zur Anwendung der Methoden in der Technologiebewertung weiterhin, dass die große Heterogenität hinsichtlich der Ziele und Vorgehensweisen sowie die hohe Pluralität der Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen eine Generalisierbarkeit der Bewertungsweise deutlich einschränken. Ein entscheidender Faktor, der jedoch nach unseren Recherchen nur marginal beachtet wird, ist die konkrete Begründung einseitiger Perspektiven bzw. fehlende Beachtung und Gewichtung der Bedeutung unterschiedlicher Stakeholder.

Auf diesen Kenntnissen aufbauend wird ein Vorgehen in ausgewählten r3-Projekten erprobt, das sich stärker an fünf Prinzipien der Nachhaltigkeitsbewertung und an leistungsorientierten Aspekten orientiert. Zu den von uns gewählten Prinzipien zählen demnach in Anlehnung an Gasparatos/Scolobig (2012), inwiefern eine begründete Bewertung und Entscheidung auf der Basis (1.) einer integrierenden oder singulären Betrachtung der drei Bewertungsdimensionen (sozial, ökologisch, ökonomisch) und dabei (2.) im Sinne einer Vorschau zukünftige Entwicklungen von Technologien, Umwelt- und Rahmenfaktoren sowie deren Interdependenzen einbezieht. Weiterhin sind (3.) die Beachtung der inter- und intragenerationalen Gerechtigkeit, (4.) des Grundsatzes der Vorsorge sowie (5.) eine beteiligungsorientierte Ausrichtung hinsichtlich der Bedürfnisse, Werte und Erwartungen be-

troffener Stakeholder für die Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung von Bedeutung und werden deswegen als Prüfkriterien mit einbezogen.

Erwartet werden neben aussagekräftigen *Good-Practice*-Beispielen sowohl quantitative Ergebnisse für ausgewählte Indikatoren als auch qualitative Erkenntnisse. Zudem sollen durch projektspezifische Checklisten die Herausforderungen einer ganzheitlichen Bewertung von Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz sowie darauf aufbauend die Auswahl geeigneter und sinnvoller Methoden zur Bestimmung erforderlicher Parameter unterstützt werden. Ferner wird die Übertragung und Verbreitung der Erkenntnisse und Ergebnisse in die Entwicklung neuer Technologien zur Unterstützung der unternehmerischen Praxis angestrebt. Es erscheint jedoch unwahrscheinlich, dass sich nach Abschluss des Projekts eine allgemein gültige Musterlösung oder ein Standard-Bewertungsansatz durchsetzt. Dies ist auf Grund der hohen Komplexität und Vielfalt der Technologien zur Stimulation der Ressourceneffizienz wie auch der Stakeholder, der Zielsetzungen und Bewertungskriterien für Nachhaltigkeit nahezu unmöglich. Erstrebenswert sind jedoch in geeigneter Weise geclusterte Ergebnisse, die letztlich eine Vergleichbarkeit der Beiträge von unterschiedlichen technologischen Lösungen auf dem Weg zu mehr Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit ermöglichen.

Ausgewählte Literaturangaben:

- Nippa, M. / Lee, R. P. / Gloaguen, S. / Meschke, S. / Hanebuth, A. (2013). *Kohle – Akzeptanzdiskussionen im Zeichen der Energiewende. Denkanstöße aus der Wissenschaft*. Verfügbar unter: <http://energierohstoffzentrum.com/assets/Uploads/Media/Studien/Studie-Kohle-Akzeptanzdiskussionen-Auflage-2.pdf>
- Nippa, M. / Lee, R. P. (2014). *Zum Einfluss der Nuklearkatastrophe von Fukushima auf die Bewertung unterschiedlicher Energiequellen in Deutschland. Erkenntnisse aus einer empirischen Untersuchung*. In: Fukushima und die Folgen – Medienberichterstattung, Öffentliche Meinung, Politische Konsequenzen, hrsg. von Jens Wolling und Dorothee Arlt. Universitätsverlag Ilmenau, Ilmenau: 341–361.
- Nippa, M. and Meschke, S. (im Erscheinen). *Germany's "Energiewende" as a role model for reaching sustainability of national energy systems? - History, challenges and success factors*. In: Chou, S.K. (Ed.): *Sustainability of Energy Systems: Volume 6 of the Handbook of Clean Energy Systems*, John Wiley & Sons, Ltd., Singapore.
- Gasparatos, A./Scolobig, A. (2012). *Choosing the most appropriate sustainability assessment tool*. *Ecological Economics*, 80, 1–7.

Rohstoffrecht auf Grönland – Grönlands Weg zur vollen Souveränität über die Rohstoffschiene?

Gerhard Ring, Line Olsen-Ring

Mit dem Gesetz über die Selbstverwaltung Grönlands, das vom dänischen Parlament (Folketinget) am 19. Mai 2009 verabschiedet worden und das am 21. Juni 2009 in Kraft getreten ist, wurde der Selbstverwaltungsstatus Grönlands als Noch-Region Dänemarks ausgebaut und eine Perspektive zur Erlangung voller staatlicher Souveränität eröffnet.⁷ Damit kann die grönländische Selbstverwaltung (Selvstyre) auf einer ganzen Reihe von Gebieten, die im Gesetzesanhang aufgelistet sind, autonom entscheiden, ob sie von der Möglichkeit, Gesetzgebungs- und Exekutivkompetenzen zu übernehmen, Gebrauch machen möchte. Dazu zählt auch der Rohstoffsektor. Mit der Übernahme des Rohstoffbereichs steht Grönland das Eigentumsrecht an den Rohstoffen im Untergrund zu. Die grönländische Selbstverwaltung verfügt damit selbst über die Rohstoffe und kann diese ausbeuten (lassen). Ihr fallen auch die Erträge aller Rohstoffaktivitäten zu. Sollten die Einkünfte daraus allerdings einen Betrag von 75 Mio. dkr (rund 10 Mio. Euro) jährlich übersteigen, erfolgt eine Reduzierung der gegenwärtig immer noch gezahlten staatlichen Zuwendungen des Mutterlandes Dänemark an Grönland.

Grönland verfügt über zahlreiche Bodenschätze,⁸ insbesondere auch über seltene Erden (nach Schätzungen allein etwa 6,5 Mio. Tonnen seltene Erden im Süden Grönlands) und Uran,⁹ weshalb ihm – u. a. vor dem Hintergrund vermutterchinesischer Kooperationsinteressen¹⁰ – nach eigener Einschätzung eine erhebliche rohstoffstrategische Bedeutung im

7 Ring / Olsen-Ring (2014)

8 Elsner, DERA (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), DERA Rohstoffinformationen (2010)

9 Nachdem das grönländische Parlament 2013 mit knapper Mehrheit das Förderverbot für Uran, die sog. Null-Toleranz-Vorgabe, abgeschafft hat, vgl. Spiegel Online vom 25.10.2013, *Uran und Seltene Erden: Grönland gibt Ausbeutung seiner Rohstoffe frei*. Dazu auch »Udenrigspolitiske beføjelser i forhold til uran«, Information der grönländischen Regierung vom 7.1.2014

10 Arredy (2013)



Abb. 11: Grönland, Ilulissat Fjord

Norden zukommt.¹¹ Vor diesem Hintergrund hat auch die EU mit Grönland am 13. Juni 2012 eine Rohstoffübereinkunft abgeschlossen. Das bislang größte Rohstoffabkommen mit einem privaten ausländischen Investor, dem Unternehmen London Mining, über Eisenerzabbau vom Oktober 2013 soll nach optimistischen Schätzungen der grönländischen Selbstverwaltung über eine Betriebsdauer von 15 Jahren zu Einnahmen von insgesamt etwa 3,8 Mrd. Euro an Unternehmens- und Kapitalertragsteuern (zuzüglich Einkommensteuer) führen.

Mit dem Rohstoffgesetz Nr. 7 vom 7. Dezember 2009 (i.d.F. des Änderungsgesetzes Nr. 26 vom 18. Dezember 2012), das zum 1. Januar 2010 in Kraft getreten ist, hat Grönland von seiner Gesetzgebungskompetenz im Rohstoffsektor Gebrauch gemacht, um die Rahmenbedingungen für Rohstoffaktivitäten interessierter Bergbau- und Ölfördergesellschaften für Investitionen zu verbessern. Dabei sollen zugleich wirtschaftliche Gewinne und Beschäftigungsmöglichkeiten für die grönländische Gesellschaft unter Wahrung der sensiblen arktischen Natur gesichert werden. Der Gesetzgeber war sich bewusst, dass die gleichzeitige Verfolgung dieser Ziele einen schwierigen Balanceakt verlangt.¹²

Das Rohstoffgesetz zielt auf eine zweckmäßige Nutzung der minerali-

11 Seidler (2009); Tverstedt / Zähringer (2012)

12 Bericht des Gesetzesausschusses vom 21.9.2009

schen Rohstoffe und des Untergrunds Grönlands ab. Weiterhin soll es – wie das dänische Gesetz über Bodenschätze – Rahmenbedingungen auch für andere als Rohstoffaktivitäten setzen, wie bspw. die Lagerung von Naturgas, Wärme und Treibhausgasen im Untergrund.¹³

Das Gesetz basiert auf dem sog. »one door«-Prinzip, wonach alle Entscheidungsbefugnisse zwecks Beschleunigung und Vereinfachung der Verwaltungsabläufe bei einer Instanz – der Rohstoffbehörde – konzentriert werden. Jede Voruntersuchung, Aufsuchung, Nutzung und Ausfuhr mineralischer Rohstoffe bedarf der Genehmigung der Landesregierung Grönlands (Naalakkersuisut). Im Rohstoffgesetz finden sich insbesondere umfangreiche Regelungen über den Naturschutz, die Verantwortung für die Umwelt und die Möglichkeit, Schadensersatz für Umweltschäden zu fordern. Eine Genehmigung setzt für eine Vielzahl von Rohstoffaktivitäten eine Umweltverträglichkeitsprüfung (*Environment Impact Assessment*) voraus. Sofern eine geplante Maßnahme gesellschaftliche Verhältnisse wesentlich zu beeinflussen geeignet ist, kann eine Erlaubnis bzw. Genehmigung grundsätzlich nur dann erteilt werden, wenn im Vorfeld eine Prüfung der gesellschaftlichen Nachhaltigkeit stattgefunden hat und ein entsprechender Prüfbericht von der Regierung genehmigt worden ist. Die Arbeitssicherheit im Zu-

13 Gesetzesvorarbeiten vom 1.9.2009 unter Nr. 2.1

sammenhang mit Rohstoffaktivitäten auf und unter dem Festland ist im grönländischen Arbeitsumfeldgesetz vom 26. Oktober 2005 geregelt – wohingegen das Rohstoffgesetz selbst Regelungen für die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer auf Offshore-Anlagen normiert.

Der Rohstoffsektor soll durch das Rohstoffgesetz zu einem Wachstumsmotor der grönländischen Wirtschaft werden, der Beschäftigung schafft, den Lebensstandard erhöht und wesentlich das Steueraufkommen trägt.¹⁴ In Wahrheit basiert der durch das Rohstofffieber zunehmend beförderte Wunsch Grönlands nach voller staatliche Souveränität und Unabhängigkeit vom Mutterland Dänemark aber letztlich darauf, ob es tatsächlich gelingt, über den Rohstoffsektor und das Interesse ausländischer Investoren die eigene Wirtschaftskraft so zu stärken, dass der Inselstaat mit seinen nur rund 56.000 Einwohnern auf eigenen Füßen stehend überlebensfähig wird. Dies wird schon angesichts der klimatisch bedingten Infrastrukturprobleme und der geringen Bevölkerungszahl nicht einfach sein. Es bleibt daher abzuwarten, wenn sich das »Klondike-Fieber« erst einmal gelegt hat, ob die Zukunft Grönlands tatsächlich in der Erlangung voller Souveränität liegt. Vielleicht ist den Interessen der Grönländer besser mit einer erweiterten – vor allem wirtschaftlichen und kulturellen – Autonomie im Reichsverband (Rigsfælleskab) mit dem Königreich Dänemark gedient, das dann auch künftig für die Außen- und Verteidigungspolitik einer »autonomen Region« Grönland verantwortlich zeichnen würde.

Literatur

- Arredy (2013). Bergbauriesen greifen nach Grönlands Rohstoffschatz, DIE WELT vom 26.8.2013. Zuerst erschienen unter dem Titel »Schatzsuche in Grönland« beim Wall Street Journal. »Grönland hat Potenzial als wichtiger Rohstoff-Lieferant«, Deutsche Mittelstands Nachrichten vom 28.4.2011: »Gigantische Metallvorkommen«; Braune, »Grönland bohrt gigantischen Rohstoffschatz an«, Handelsblatt vom 13.3.2013.
- Bericht des Gesetzesausschusses vom 21.9.2009.
- Elsner, DERA (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2010). DERA Rohstoffinformationen, »Das mineralische Rohstoffpotenzial Grönlands«, Dezember 2010.
- Ring/Olsen-Ring (2014). Einführung in das skandinavische Recht, 2. Aufl. 2014, Rn. 76.
- Seidler (2009). Arktisches Monopoly. Der Kampf um die Rohstoffe der Polarregion, 2009.
- Tversted/Zähringer (2012). Ressourcenpolitik in Grönland, Kommune 6/2012, S. 83 ff.

¹⁴ Gesetzesvorarbeiten vom 1.9.2009 unter Nr. 3

Bilanzierung von Explorations- und Evaluationsausgaben in der Erdöl und Erdgas fördernden Industrie

Frank Richter, Silvia Rogler

Einleitung

Die Erdöl und Erdgas fördernde Industrie gibt beträchtliche Summen für Exploration und Evaluation aus. So betragen allein die zahlungswirksamen Explorations- und Evaluationsausgaben von BP im Jahr 2013 5,0 Mrd. USD [BP (2014)]. Diese Beträge belasten das Ergebnis der Unternehmen stark, wenn sie nicht im Jahr ihres Anfalles durch eine Aktivierung in der Bilanz neutralisiert werden. Allerdings steht im Vorfeld grundsätzlich noch nicht fest, ob durchgeführte Explorations- und Evaluationsaktivitäten zu wirtschaftlich förderbaren Erdöl- oder Erdgasfunden führen.

Beiden Sachverhalten sollte die bilanzielle Abbildung angemessen Rechnung tragen. Aus Sicht der Unternehmen ist es wünschenswert, dass die hohen Ausgaben das Ergebnis nicht in einem Jahr zu stark belasten. Für die aktuellen und potenziellen Kapitalgeber sollte ersichtlich sein, ob Aktivitäten erfolgreich waren. Zudem sollten nur die erfolgreichen Aktivitäten als Vermögenswert aktiviert werden, da nur diese einen zukünftigen Nutzen stiften. Des Weiteren ist eine gute zwischenbetriebliche Vergleichbarkeit der bilanziellen Abbildung wünschenswert.

Diese Ziele werden derzeit in der internationalen Rechnungslegung (IFRS) verfehlt. Es gibt zwar mit IFRS 6 »Exploration for and Evaluation of Mineral Resources« einen eigenen Standard für die Bilanzierung von Explorations- und Evaluationsausgaben. Dieser Standard erlaubt den Bilanzierenden jedoch weitgehend die Fortführung ihrer bereits zuvor angewandten heterogenen Bilanzierungsmethoden.

Die Bilanzierung des gesamten Upstream-Geschäfts Erdöl und Erdgas fördernder Unternehmen war Gegenstand eines abgeschlossenen Forschungsprojekts [Richter (2012)]. Im Fokus standen dabei folgende Fragestellungen:

- Welche Möglichkeiten für die Bilanzierung des Upstream-Geschäfts bestehen gegenwärtig, und welche dieser Möglichkeiten sollte nach IFRS bevorzugt werden?

zierung des Upstream-Geschäfts bestehen gegenwärtig, und welche dieser Möglichkeiten sollte nach IFRS bevorzugt werden?

- Wie ist die derzeitige Bilanzierungspraxis und inwieweit entspricht sie dem bevorzugten Vorgehen?

- Wie sollten künftige Vorschriften zur Bilanzierung ausgestaltet sein?

Nachfolgend zunächst eine kurze Eingrenzung und Begriffserklärung. Daran schließt sich die Darstellung ausgewählter Ergebnisse des Forschungsprojekts im Hinblick auf die Exploration und Evaluation an. Im Nachgang erfolgt ein Abgleich der Ergebnisse mit der derzeitigen Bilanzierungspraxis. Zu diesem Zweck wird die ursprünglich durchgeführte Analyse einschlägiger Geschäftsberichte auf Basis der Abschlüsse des Geschäftsjahres 2012/2013 erneuert. Den Abschluss bilden eine Darstellung des Stands der Weiterentwicklung der bestehenden Vorschriften durch das *International Accounting Standards Board* (IASB) und ein kurzes Fazit.

Eingrenzung und Begriffserklärung

Exploration und Evaluation sind zwei Phasen im Geschäft der Suche, Erschließung und Förderung von Erdöl und Erdgas (sog. Upstream-Geschäft). Daneben bestehen noch weitere vor- bzw. nachgelagerte Phasen, wie Abb. 12 verdeutlicht [Willms (2006)]. Die Explorationsphase umfasst die nach dem Erhalt der Explorationsrechte stattfindende Suche nach Erdöl- bzw. Erdgasvorkommen. In diesem Zusammenhang kommt es beispielsweise zur Durchführung von Probebohrungen und topographischen, geologischen, geochemischen und geophysikalischen Untersuchungen sowie zur Erstellung von Analysen. Im Rahmen der Explorationsphase entdeckte Vorkommen werden im Laufe der sich anschließenden Evaluationsphase auf technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit einer Förderung hin überprüft.



Abb. 12: Phasen des Upstream-Geschäfts

Diskutierte Bilanzierungsmethoden

Nach IFRS bestehen bislang keine strikten Vorgaben zur bilanziellen Behandlung von Explorations- und Evaluationsausgaben. Vielmehr erhalten die Unternehmen sehr weitreichende Spielräume zur Verwendung unterschiedlicher Bilanzierungsmethoden. Das Vorgehen muss lediglich den Generalnormen der Zuverlässigkeit und Relevanz (unter anderem für Prognosen über die künftige Entwicklung des Unternehmens) gerecht werden. Die praktizierten Bilanzierungsmethoden reichen von der Aktivierung sämtlicher Ausgaben bis hin zu deren sofortiger und vollständiger ergebnismindernden Erfassung (vgl. IFRS 6.6 f. i.V. mit IFRS 6.BC17 und IFRS 6.BC19).

Entsprechend unterschiedlich sind die Auswirkungen auf Jahresabschlussgrößen, wie das Jahresergebnis, das Vermögen, das Eigenkapital und die Bilanzsumme, die von externen Adressaten für die Beurteilung des Unternehmens herangezogen werden. Bei Aktivierung der Ausgaben als Vermögenswert werden das Ergebnis, das Vermögen und das Eigenkapital zunächst nicht belastet, bei Nichtaktivierung und damit ergebnismindernder Erfassung werden diese Größen sofort in Höhe der Ausgaben reduziert. Die Auswirkungen ergeben sich bei Aktivierung erst zeitversetzt und zeitlich verteilt aufgrund der planmäßigen Abschreibung der aktivierten Beträge in den Folgejahren. Da die Frage der Aktivierung nicht zwangsläufig vom Erfolg bzw. den Erfolgsaussichten der jeweiligen Aktivitäten abhängt, besteht das Risiko, die künftige Ertragskraft des Unternehmens falsch einzuschätzen und Vergleiche zwischen einzelnen Unternehmen zu verzerren.

Nachfolgend werden die verwendeten Bilanzierungsmethoden genauer betrachtet und im Hinblick auf ihre Aussagekraft und Zulässigkeit beurteilt. Zudem werden die Auswirkungen auf die Jahresabschlussgrößen anhand eines einfachen Beispiels verdeutlicht (vgl. Abb. 13). Unterstellt wird ein Unternehmen, das zu Beginn der betrachteten Periode mit einem Eigenkapital von 2.000 GE gegründet wurde und in der Periode nur Explorationsaktivitäten durchgeführt hat. Für das Explorationsgebiet I sind Ausgaben in Höhe von 1.000 GE angefallen, für das Gebiet II Ausgaben in Höhe von 500 GE. Die Aktivitäten in Gebiet II waren erfolglos, diejenigen in Gebiet I zu 40 % erfolglos und zu 60 % erfolgreich.

Bilanz im Zeitpunkt der Gründung				Explorationsausgaben			
Kasse	2.000	Einlage	2.000	Gebiet I:		1.000	
				davon erfolgreich	600		
				davon erfolglos	400		
Bilanzsumme	2.000	Bilanzsumme	2.000	Gebiet II (erfolglos) 500			
Bilanz zum 31.12. <i>zero cost accounting</i>				Bilanz zum 31.12. <i>successful efforts accounting</i>			
Kasse	500	Einlage	2.000	Kasse	500	Einlage	2.000
Exploration	0	Verlust	- 1.500	Exploration	600	Verlust	- 900
Bilanzsumme	500	Bilanzsumme	500	Bilanzsumme	1.100	Bilanzsumme	1.100
Bilanz zum 31.12. <i>area of interests accounting</i>				Bilanz zum 31.12. <i>full cost accounting</i>			
Kasse	500	Einlage	2.000	Kasse	500	Einlage	2.000
Exploration	1.000	Verlust	- 500	Exploration	1.500	Verlust	0
Bilanzsumme	1.500	Bilanzsumme	1.500	Bilanzsumme	2.000	Bilanzsumme	2.000

Abb. 13: Beispiel zur bilanziellen Abbildung von Explorationsausgaben

Die branchenspezifischen Bilanzierungsmethoden lassen sich vier Grundtypen zuordnen, die hier in ihrer idealtypischen Form erläutert werden sollen:

- vollständige ergebnismindernde Erfassung (nachfolgend als *zero cost accounting* bezeichnet),
- *successful efforts accounting*,
- *area of interests accounting* und
- *full cost accounting*.

Beim *zero cost accounting* werden sämtliche Explorations- und Evaluationsausgaben sofort ergebnismindernd erfasst. Ob die zugrundeliegenden Aktivitäten zur späteren Förderung von Erdöl bzw. Erdgas führen, spielt keine Rolle. Dementsprechend kommt es zu einer unmittelbaren Belastung des Ergebnisses sowie des Eigenkapitals und Vermögens des Bilanzierenden, im Beispiel in Höhe von 1.500 GE. Nach IFRS ist diese Bilanzierungsmethode gegenwärtig aufgrund des gegebenen Spielraums als zulässig anzusehen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bestehen jedoch Zweifel. Ein Teil der Aktivitäten trägt zur späteren Förderung von Erdöl bzw. Erdgas, d. h. zur Erzielung künftiger wirtschaftlicher Vorteile, bei. Diesem Umstand sollte durch eine teilweise Aktivierung Rechnung getragen werden. Auf diese Weise erreicht man eine zutreffende Darstellung von Vermögen bzw. Schuldendeckungsfähigkeit und eine periodengerechte Zuordnung der Aufwendungen (aus der planmäßigen Abschreibung der aktivierten Beträge) zu den zugehörigen künftigen Erträgen aus der Erdöl- bzw. Erdgasförderung.¹

Nach dem Grundprinzip des *successful efforts accounting* dürfen ausschließlich Explorations- und Evaluationsaktivitäten, die in direktem Zusammenhang mit dem Fund und der Bewertung wirtschaftlich förderbarer Erdöl- bzw. Erd-

gasvorkommen stehen, aktiviert werden. Die übrigen Explorations- und Evaluationsaktivitäten sind dagegen ergebnismindernd zu erfassen. Damit werden im Beispiel die genannten Größen nur in Höhe von 900 GE belastet. Diese Bilanzierungsmethode ist momentan ebenfalls als zulässig anzusehen. Zudem ist sie betriebswirtschaftlich sehr positiv zu beurteilen. Da nur Beträge aktiviert werden, die in direktem Zusammenhang mit wirtschaftlich förderbaren Erdöl- bzw. Erdgasvorkommen stehen, sind Vermögen und Schuldendeckungsfähigkeit dann grundsätzlich zutreffend dargestellt. Außerdem kommt es infolge der Aktivierung und künftigen planmäßigen Abschreibung zur periodengerechten Zuordnung der entstandenen Aufwendungen zu den künftigen Erträgen.²

Gleichwohl gibt es beim *successful efforts accounting* einen problematischen Aspekt. Explorations- und Evaluationsphase dauern in der Regel mehrere Jahre an. Für einen Teil der ausgeführten Aktivitäten ist über einen längeren Zeitraum unklar, ob sie letztlich zu wirtschaftlich förderbaren Erdöl- bzw. Erdgasvorkommen führen. Die Behandlung noch nicht abschließend beurteilbarer Aktivitäten wird dabei nicht einheitlich gehandhabt. Entsprechend werden diese Aktivitäten

- zunächst temporär aktiviert und dann ergebnismindernd erfasst, wenn die Erfolglosigkeit festgestellt wird,³
- zunächst ergebnismindernd erfasst und später nachaktiviert, sobald der Erfolg festgestellt wird,⁴ oder
- dauerhaft ergebnismindernd erfasst, sofern sie vor Feststellung des Erfolgs stattfinden.⁵

Die Variante der temporären Aktivie-

2 Richter (2012) 86 f.

3 Lüdenbach/Hoffmann/Freiberg (2014)

4 IASC (2000)

5 EY (2008)

1 Richter (2012) 78 ff.

rung und ergebnismindernden Erfassung, wenn die Erfolglosigkeit festgestellt wird, ist abzulehnen. Im Gegensatz zu den beiden anderen Varianten führt sie vorübergehend zu einem überhöhten Ausweis von Vermögen bzw. Schuldendeckungspotenzial und damit ggf. zu Überschätzungen der künftigen Ertragskraft des Unternehmens.⁶

Beim *area of interests accounting* werden zunächst alle Aktivitäten, die innerhalb einer *area of interest* stattfinden, aktiviert. Ob die einzelnen Aktivitäten zu wirtschaftlich förderbaren Erdöl- bzw. Erdgasvorkommen führen oder nicht, ist insofern für den Bilanzansatz irrelevant. Erst wenn feststeht, dass in der gesamten *area of interest* keine wirtschaftlich förderbaren Vorkommen zu erwarten sind, erfolgt die außerplanmäßige Abschreibung der aktivierten Beträge. Im Beispiel gibt es zwei *areas of interest* (Gebiet I und II), von denen eins (Gebiet II) erfolglos ist. In Gebiet I ist dagegen ein Teil der Aktivitäten erfolgreich, so dass die für dieses Gebiet insgesamt angefallenen Ausgaben aktiviert werden. Somit kommt es nur noch zu einer Belastung in Höhe der Ausgaben für das erfolglose Gebiet II (500 GE). Diese Bilanzierungsmethode ist gegenwärtig (bei relativ eng abgegrenzten *areas of interest*) als zulässig anzusehen, sie ist jedoch nicht ganz unproblematisch. Auf der einen Seite ist mit Abschluss der Aktivitäten sichergestellt, dass in der Bilanz nur Beträge verbleiben, die Vermögen und somit Schuldendeckungspotenzial darstellen. Auf der anderen Seite gilt dies zwischenzeitlich nicht, da auch Aktivitäten ohne jeglichen Bezug zu wirtschaftlich förderbaren Erdöl- bzw. Erdgasvorkommen aktiviert und erst später über außerplanmäßige Abschreibungen ergebnismindernd erfasst werden.⁷

Nach dem *full cost accounting* werden alle Explorations- und Evaluationsaktivitäten in der Bilanz angesetzt. Der jeweilige Erfolg der Aktivitäten bzw. der einzelnen Gebiete ist für die Aktivierung vollkommen unbeachtlich. Für das Beispiel bedeutet dies, dass es zu keiner Belastung des Ergebnisses, des Vermögens und des Eigenkapitals kommt. Die Zulässigkeit dieser Bilanzierungsmethode erscheint fraglich. Auch betriebswirtschaftlich ist das *full cost accounting* abzulehnen, da es zu einem überhöhten

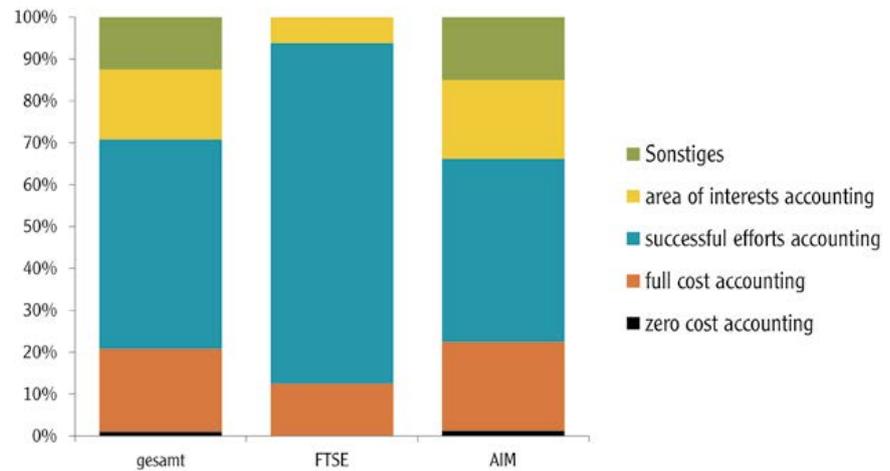


Abb. 14: Angewandte Bilanzierungsmethoden

Ausweis von Vermögen und Schuldendeckungspotenzial führt. Darüber hinaus werden den künftigen Erträgen aus der Öl- bzw. Gasförderung nicht nur unmittelbar oder mittelbar zurechenbare Aufwendungen zugeordnet, sondern auch solche für frühere erfolgreiche Aktivitäten, was ebenfalls abzulehnen ist.⁸

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Verwendung des *successful efforts accounting* aus Sicht der Kapitalgeber zu präferieren ist, wobei temporäre Aktivierungen nicht abschließend beurteilbarer Aktivitäten abzulehnen sind. Große Bedenken im Hinblick auf die Zulässigkeit bestehen gegenüber dem *full cost accounting*, auch wenn dies einzelne Literaturmeinungen anders sehen.⁹ Die übrigen Alternativen – *zero cost accounting* und *area of interests accounting* – erscheinen dagegen weniger problematisch.

Analyse ausgewählter Geschäftsberichte

Grundlage für die Analyse der gegenwärtigen Bilanzierungspraxis im Bereich von Exploration und Evaluation sind die IFRS-Abschlüsse der an der London Stock Exchange im Sektor »Oil & Gas Producers« notierten Unternehmen. Relevant sind dabei die beiden Indices FTSE All-Share Index (*Financial Times Stock Exchange All-Share Index*, kurz »FTSE«) und FTSE AIM All-Share Index (*Financial Times Stock Exchange Alternative Investment Market All-Share Index*, kurz »AIM«). Stichtag der Datenerhebung (Indexzusammensetzung und Abruf letzter veröffentlichter IFRS-Abschluss) war der 13. Juni 2014. Zu diesem Zeitpunkt

erfasste der FTSE 17 und der AIM 92 Unternehmen. Nach Eliminierung der nicht in Exploration und Evaluation tätigen Unternehmen sowie eines US-GAAP-Anwenders, verblieben 96 Unternehmen (16 FTSE und 80 AIM) als Grundgesamtheit für die Analyse.

In der Praxis kommen alle vier der hier dargestellten Bilanzierungsmethoden vor (siehe Abb. 14). Die heterogene Bilanzierungspraxis und die damit schlechte Vergleichbarkeit der einzelnen Unternehmen lässt sich somit anhand unserer Analyse bestätigen.

Die Hälfte aller Unternehmen verwendet dabei das *successful efforts accounting*. Von den im FTSE gelisteten Unternehmen verwenden es sogar 81%, von den im AIM gelisteten dagegen lediglich 44%. Ein Großteil der Unternehmen nutzt folglich die zu präferierende Bilanzierungsmethode. Problematisch ist jedoch, dass alle Anwender des *successful efforts accounting* die Variante mit der temporären Aktivierung nicht abschließend beurteilbarer Aktivitäten wählen. Der Umfang der aktivierten Aktivitäten ist dabei verschieden. Etwa ein Viertel der Unternehmen handhabt den Einbezug restriktiv und behandelt beispielsweise geologische und geophysikalische Untersuchungen stets ergebnismindernd. Die restlichen Unternehmen beziehen alle Explorations- und Evaluationsaktivitäten in die temporäre Aktivierung ein.

Die mit 20% am zweithäufigsten angewandte Bilanzierungsmethode ist das *full cost accounting*, an dessen Zulässigkeit Zweifel bestehen. Knapp danach folgt mit 17% das *area of interests accounting*. Das *zero cost accounting* verwendet dagegen nur ein Unternehmen.

Bei 12% der untersuchten Unternehmen gelangt eine Mischung aus ver-

⁶ Richter (2012) 88 ff.

⁷ Richter (2012) 92 ff.

⁸ Richter (2012) 81 ff.

⁹ Lüdenbach/Hoffmann/Freiberg (2014); Zülch/Willms (2006); Deloitte (2010); PwC (2011)

schiedenen Bilanzierungsmethoden zur Anwendung, oder aber die verwendete Bilanzierungsmethode lässt sich auf Basis der veröffentlichten Informationen nicht eindeutig bestimmen.

Diese Ergebnisse unterscheiden sich leicht von der im Jahr 2010 auf Basis des Geschäftsjahrs 2009/10 durchgeführten Erhebung.¹⁰ Zu diesem Zeitpunkt verwendeten 45 % das *successful efforts accounting*, 33 % das *full cost accounting*, 19 % das *area of interests accounting* und jeweils 1,5 % das *zero cost accounting* bzw. eine Mischung aus *area of interests accounting* und *successful efforts accounting*. Damals war das *successful efforts accounting* im FTSE (73 %) ebenfalls weiter verbreitet als im AIM (38 %), und es gab übereinstimmend mit der aktuellen Untersuchung nur Anwender, die nicht abschließend beurteilbare Aktivitäten temporär aktivierten. Auch wenn die Ergebnisse aufgrund der unterschiedlichen Grundgesamtheit (2010: 75 Unternehmen, davon 15 im FTSE und 60 im AIM) nur bedingt vergleichbar sind, ist festzustellen, dass die Verwendung der als kritisch angesehenen Bilanzierungsmethoden zurückgegangen und dafür der Anteil der als aussagefähig beurteilten Verfahren gestiegen ist.

Aufgrund der Verwendung des *full cost accounting* bzw. der temporären Aktivierung letztlich nicht erfolgreicher Explorations- und Evaluationsaktivitäten beim *successful efforts accounting* und *area of interests accounting* müssen die Adressaten damit rechnen, dass das Vermögen und die Schuldendeckungsfähigkeit zumindest vorübergehend zu hoch ausgewiesen sind. Die Vermögenswerte aus der Exploration und Evaluation sind dabei mit einem Anteil an der Bilanzsumme von bis zu 99 % (Median 33 %, Durchschnitt 39 %) oft auch als wesentlich anzusehen (siehe Abb. 15), und ihre Aussagekraft ist damit von entscheidender Bedeutung für die Bilanzanalyse.

Die relative Bedeutung der Vermögenswerte aus der Exploration und Evaluation fällt bei den im FTSE gelisteten Unternehmen erwartungsgemäß geringer aus als bei den im AIM gelisteten Unternehmen. Grund dafür ist, dass die im AIM gelisteten Unternehmen seltener *Downstream*-Aktivitäten ausüben und der Schwerpunkt bei ihnen stärker auf Exploration und Evaluation liegt und der Erschließung und Produktion eine

10 Richter (2012) 172 ff.

Untersuchungsgruppe	Buchwert E&E zu Bilanzsumme			Buchwert E&E zu Eigenkapital		
	Median	Durchschnitt	Max.	Median	Durchschnitt	Max.
gesamt	33,0 %	39,1 %	99,1 %	47,1 %	51,6 %	277,3 %
FTSE	12,0 %	18,3 %	61,0 %	17,5 %	31,6 %	77,4 %
AIM	40,8 %	43,3 %	99,1 %	54,1 %	55,6 %	277,3 %
successful efforts accounting	22,7 %	32,1 %	96,5 %	30,4 %	37,1 %	113,2 %
area of interests accounting	35,6 %	40,4 %	99,1 %	61,4 %	58,1 %	133,9 %
full cost accounting	54,7 %	48,6 %	92,2 %	58,4 %	66,3 %	163,9 %

Abb. 15: Relative Bedeutung der Exploration und Evaluation (E&E)

vergleichsweise geringe Bedeutung zukommt.

Der Median bzw. der Durchschnitt des Anteils der Vermögenswerte aus Exploration und Evaluation im Verhältnis zur Bilanzsumme verdeutlicht zudem, dass der Umfang der in der Bilanz angesetzten Aktivitäten beim *full cost accounting* am höchsten und beim *area of interests accounting* am zweithöchsten ist. Dies dürfte insbesondere durch den Umfang der bei diesen beiden Verfahren aktivierten erfolglosen Aktivitäten begründet sein, was somit negativ zu beurteilen ist.

Die hohe Bedeutung der Exploration und Evaluation zeigt sich auch im Verhältnis ihres Buchwerts zum Eigenkapital der Gesellschaften (siehe Abb. 15). Im Durchschnitt beträgt der Wert der Vermögenswerte aus Exploration und Evaluation dabei rund 52 % des Eigenkapitals, in Einzelfällen übersteigt er das Eigenkapital sogar deutlich. Sein hoher Anteil am Eigenkapital ist alles andere als unproblematisch. Bei den in der Praxis verwendeten Bilanzierungsmethoden werden fast immer – zumindest vorübergehend – auch erfolglose Aktivitäten in der Bilanz angesetzt. Kommt es später zur außerplanmäßigen Abschreibung, dann hat dies unter Umständen eine deutliche Auswirkung auf das Eigenkapital und kann in Einzelfällen auch zur bilanziellen Überschuldung führen. Dies gilt insbesondere für Anwender des *full cost accounting* und des *area of interests accounting*. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Anteil der erfolglosen in der Bilanz angesetzten Aktivitäten beim *full cost accounting* am höchsten und beim *area of interests accounting* am zweithöchsten ist. In Verbindung mit der bei diesen beiden Bilanzierungsmethoden festzustellenden hohen relativen Bedeutung der Buchwerte aus Exploration und Evaluation im Verhältnis zum Eigenkapital ist bei außerplanmäßigen Abschreibungen tendenziell von einer

starken Auswirkung auf die Höhe des Eigenkapitals auszugehen.

Weiterentwicklung der Vorschriften durch das IASB

IFRS 6 »Exploration for and Evaluation of Mineral Resources« war ursprünglich nur als Übergangslösung gedacht, um der großen Zahl an rohstofffördernden Unternehmen, die im Jahr 2005 erstmalig nach IFRS bilanzierten, die Umstellung auf IFRS zu erleichtern.¹¹ Deshalb wurde noch im Jahr 2004, parallel zur Fertigstellung von IFRS 6, eine Forschungsgruppe etabliert, die sich umfassend mit der Bilanzierung in der Rohstoff fördernden Industrie auseinandersetzen sollte.¹² Die Ergebnisse wurden im April 2010 veröffentlicht.

Nach dem Vorschlag der Forschungsgruppe sind alle Explorations- und Evaluationsaktivitäten, auch erfolglose, als Bestandteil der Explorationsrechte zu aktivieren.¹³ Der Vorschlag, der eine Mischung aus *full cost accounting* und *area of interests accounting* empfiehlt, ist stark umstritten. Diese Bilanzierungsmethode würde zwar zu einer Vereinheitlichung der bisher heterogenen Bilanzierungspraxis führen, gleichzeitig würde sich jedoch auch die Aussagekraft der Abschlüsse verschlechtern, da das Vermögen und die Schuldendeckungsfähigkeit tendenziell zu hoch dargestellt sind.

Nach Vorliegen der Ergebnisse der Forschungsgruppe wurden die Arbeiten zur Entwicklung spezieller Bilanzierungsvorschriften für die rohstofffördernde Industrie vorläufig eingestellt. Zu welchem Zeitpunkt und in welcher Form es zur Fortführung des Projekts kommt, ist momentan offen. Die bisherige Übergangslösung entwickelt sich damit zur Dauerlösung.

11 IFRS 6.BC2 f.

12 DP/2010/1 (2010)

13 KPMG (2010)

Fazit

Nach IFRS verfügen die Bilanzierenden derzeit über einen großen Spielraum bei der bilanziellen Behandlung von Explorations- und Evaluationsausgaben. Die diskutierten Bilanzierungsmethoden reichen von der vollständigen, ergebnismindernden Erfassung bis zur Aktivierung aller Ausgaben. Bei den verschiedenen Bilanzierungsmethoden wird zum Teil nur unzureichend berücksichtigt, dass der Erfolg der Explorations- und Evaluationsaktivitäten unsicher ist. Am geeignetsten erscheint diesbezüglich das *successful efforts accounting* ohne temporäre Aktivierung nicht abschließend beurteilbarer Aktivitäten.

Die Analyse hat gezeigt, dass der bestehende Spielraum gegenwärtig ausgenutzt wird. Dies bedingt eine schlechte zwischenbetriebliche Vergleichbarkeit. In der Praxis ist das *successful efforts accounting* die am häufigsten anzutreffende Bilanzierungsmethode. In der Untersuchungsgruppe fanden sich jedoch ausnahmslos Anwender, die nicht abschließend beurteilbare Aktivitäten temporär aktivieren. Die Aussagekraft des

Abschlusses ist damit unter Umständen vorübergehend beeinträchtigt. Problematisch erscheint zudem, dass etwa 20 % der Bilanzierenden das im Hinblick auf die Zulässigkeit fragwürdige *full cost accounting* anwenden.

Die Vermögenswerte aus Exploration und Evaluation haben für die betrachteten Abschlüsse häufig eine hohe Bedeutung. Da gegenwärtig nicht ausreichend sichergestellt ist, dass die aktivierten Beträge zur Auffindung wirtschaftlich förderbarer Öl- bzw. Gasvorkommen führen, können das Vermögen und die Schuldendeckungsfähigkeit zumindest vorübergehend zu hoch angesetzt sein. Bei einer Korrektur der überhöhten Darstellung droht unter Umständen eine erhebliche Beeinträchtigung des Eigenkapitals.

Daher sollte künftig eine Bilanzierungsmethode vorgeschrieben werden, die sicherstellt, dass es gar nicht erst zu einem überhöhten Ausweis von Vermögen und Schuldendeckungsfähigkeit kommen kann. Dafür würde sich insbesondere die verpflichtende Anwendung des *successful efforts accounting* ohne temporäre Aktivierung nicht

abschließend beurteilbarer Aktivitäten anbieten.

Literatur

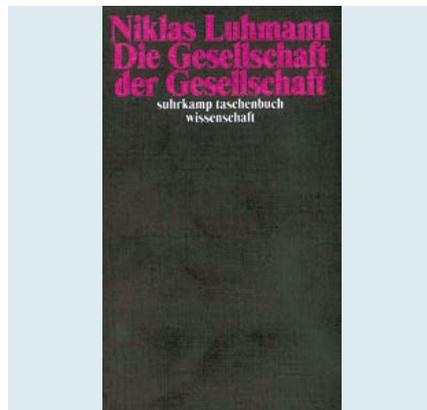
- BP (2014). Annual Report and Form 20-F 2013, S. 155.
- Deloitte (2010). International Financial Reporting Standards Considerations for the Oil and Gas Industry, 2010, S. 4.
- DP/2010/1: Extractive Activities, 2010, Tz. P6.
- EY (2008). U.S. GAAP vs. IFRS: The Basics for Oil and Gas Companies, 2008, S. 10.
- IASC (2000). Extractive Industries Issues Paper, 2000, Tz. 4.18.
- KPMG (2010). New on the Horizon: Extractive Activities, 2. Aufl., 2010, S. 8.
- Lüdenbach/Hoffmann/Freiberg (Hrsg.) (2014). Haufe IFRS-Kommentar, 12. Aufl., 2014, § 42, Rz. 13.
- PwC (2011). Financial Reporting in the Oil and Gas Industry, 2. Aufl., 2011, S. 17.
- Richter (2012). Bilanzierung des Upstream-Geschäfts von Erdöl bzw. Erdgas fördernden Unternehmen nach IFRS.
- Willms (2006). Explorations- und Evaluationsausgaben in der Rechnungslegung nach IFRS, 2006, S. 3.
- Zülch/Willms (2006). Möglichkeiten der Bilanzierung von Explorations- und Evaluationsausgaben auf der Grundlage von IFRS 6, in: WPg 19/2006, S. 1207.

Ressourcenökonomische Beobachtungen erster und zweiter Ordnung – Forschungsarbeiten an der Professur für Allgemeine Volkswirtschaftslehre

Bruno Schönfelder

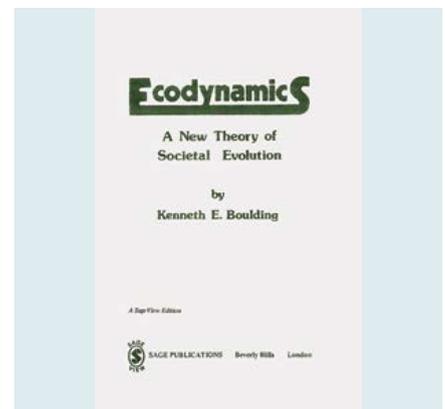
Das Adjektiv in der Widmung der Professur für Allgemeine Volkswirtschaftslehre verdankt sich nicht nur dem historischen Zufall, dass die Gründereltern der Fakultät diese Bezeichnung einst für hochschulpolitisch geschickt hielten. Seine Aktualität liegt darin, dass die Forschungsambitionen des Inhabers sich nicht auf Spezialgebiete des Fachs beschränken, sondern bis zum Grundlagenbereich ausgreifen. Seit einiger Zeit gehen sie von der Hypothese aus, dass das Erscheinen von Luhmanns Hauptwerk *Die Gesellschaft der Gesellschaft* im Jahr 1997 auch für die Volkswirtschaftslehre ein bedeutendes Ereignis war, obwohl sie dies noch nicht erkannt hat. Als (schwache) Entschuldigung für diesen Fehler mag sie die Komplexität des luhmannschen Werks anführen.

Wer sich etwas in der sog. ökologischen Ökonomie auskennt, wird kaum übersehen können, dass das luhmannsche Forschungsprogramm Übereinstimmungen mit dem von Kenneth Boulding besitzt, der Anhängern dieser Forschungsrichtung als einer ihrer



Klassiker gilt¹ und wohl mehr als jeder andere als Kronzeuge ihres Anspruchs auf Inter-, wenn nicht Transdisziplinarität dienen kann, was auch immer das sei. Sein Hauptwerk ist das 1978 erschienene *Ecodynamics*. Viele der Fragen, die er in diesem Werk aufwirft, kehren bei Luhmann wieder. Die Antworten unterscheiden sich oft, aber nicht immer. Eine Gemeinsamkeit besteht darin, dass Umweltprobleme nicht als Probleme der die Menschen umgebenden Natur und

¹ Constanza (2001)



ihrer Einwirkungen auf letztere gesehen werden (*„When we talk about the environmental problem ... we are not talking about the nonhuman part of the system ... The automobile is just as ‚natural‘ as the horse. It is just as much a species, just as much a part of the total ecological system, and the idea that there is something called ‚ecology‘ in the absence of ... human artifacts at this stage of the development of the planet is romantic illusion.“* – S. 19 und 31), sondern als ein Dilemma, das die Gesellschaft mit sich selbst und ihren eigenen Hervorbringungen hat. Eine zwei-

te liegt in Bouldings Skepsis gegenüber den Lösungen, die menschliche Vernunft für Umweltprobleme ersinnen mag (*»The idea ... that reason ... dominates all other evolutionary processes within the framework of human experience can be rejected as inconsistent with the pattern of evolution itself«* – S. 321), vor allem wenn sie vorbeugend und nicht nur reaktiv tätig zu werden versucht, also nicht erst nachdem ein bestimmtes Problem offenkundig und unbestreitbar geworden ist. Bei Boulding (S. 358-9) liest sich das so: *»The fourth radical illusion might be called the illusion of meliorism, that it is easy to set up institutions in which things go from bad to better rather than from bad to worse. This is an illusion oddly enough that radicals tend to share with conservatives ... has suggested that pejorism, the view that things go from bad to worse unless we ... stop it ... is a much more realistic view.«* In diesem Zusammenhang steht seine Hoffnung auf einen *gear change*, zu dem ein eventuell gewinnbares Verständnis der menschlichem Lernen zugrundeliegenden Muster führen könnte (*»should this enable us to perceive the patterns underlying the human learning process itself.«* S. 321).

Auf ein solches Muster leitet uns die luhmannsche Unterscheidung zwischen Beobachtungen erster und Beobachtungen zweiter Ordnung, und seine damit verbundene These, dass Beobachtungen zweiter Ordnung zwar schon in der Antike eine nicht unwichtige Rolle spielten, aber erst in der modernen Gesellschaft zum dominierenden Beobachtungsmodus aufsteigen. Obwohl die Volkswirtschaftslehre diese Terminologie nicht verwendet, ist ihr der Vorgang aus ihrem eigenen Forschungsgebiet vertraut. Er vollzog sich in dem Maße, indem die archaische Haus-, Selbstversorgungs- und Schenkungswirtschaft durch Geldwirtschaft abgelöst wurde. Der Vorgang ist noch nicht abgeschlossen, und der Sozialstaat hat bedeutsame Rückschläge bewirkt, in dem er die Produktion für den Markt mit hohen Steuern und Sozialabgaben belastet, wohingegen Selbstversorgung steuer- und sozialabgabenfrei bleibt. (Auf dieser steuerlichen Begünstigung der Selbstversorgung – beispielsweise des häuslichen Zusammenbauens von Schränken – beruhen die Geschäftsmodelle von Ikea und jeder Baumarktkette). Die Volkswirtschaftslehre betont – so geschah es beispielsweise mit großem Nachdruck in der Sozialismusdebatte,

die ab den 1920er-Jahren mehrere Jahrzehnte lang geführt wurde – die informationsvermittelnde Rolle der Preise in der Geldwirtschaft und kritisiert aus eben diesem Grund Eingriffe des Staates in die Preisbildung, die diese Informationsvermittlung stören. Das meiste, was wir über die Bedürfnisse und Wünsche anderer Leute und über die Mühen und Probleme der Herstellung von Gütern und Diensten wissen, erfahren wir, indem wir Preise und ihre Veränderungen beobachten. Eben dies ist Beobachtung zweiter Ordnung: Statt die Bedürfnisse anderer Leute oder die Herstellung eines Produkts direkt und unmittelbar zu beobachten – Beobachtung erster Ordnung – beobachten wir Preise. Die Beobachtung des Wirtschaftsgeschehens im Wege der Beobachtung von Preisen, die Beobachtung der Wirtschaft im Modus zweiter Ordnung, setzt offenkundig voraus, dass auch Beobachtungen erster Ordnung stattfinden. Irgendwie muss die Information über Bedürfnisse und Produktionsprobleme in die Preise hineingelangen. Sonst könnten wir aus der Beobachtung der letzteren keine Informationen ziehen. Im Fall der Wirtschaft geschieht die Beobachtung erster Ordnung auf eine uns vertraute Weise: Der Produzent vergleicht den Preis mit seinen Produktionskosten und stellt fest, dass es rentabel ist, den Markt zu beliefern – oder auch nicht. Der Konsument vergleicht den Preis mit der Dringlichkeit seines Bedürfnisses und kauft – oder auch nicht. Durch diese Beobachtungen erster Ordnung und die Folgen, die die dadurch ausgelösten Handlungen auf die Preise haben, regenerieren die Wirtschaftssubjekte zugleich die Beobachtungsmöglichkeiten zweiter Ordnung. Der Vorgang ist uns so selbstverständlich, dass er meist erst dann ins Bewusstsein tritt, wenn er durch staatliche Eingriffe – wie etwa Preis- und Lohnvorgaben – gestört wird und diese Versorgungsengpässe hervorrufen. Ein aktuelles Beispiel ist die (zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Manuskripts erst noch) beabsichtigte Einführung eines ziemlich hohen Mindestlohns. Sie wird dazu führen, dass ein Teil des Arbeitsmarktes in die sog. Schattenwirtschaft abgedrängt wird. Damit verschwinden auch Beobachtungsmöglichkeiten zweiter Ordnung. Dass Beobachtungsmöglichkeiten zweiter Ordnung, nämlich die Beobachtung der Wirtschaft qua Beobachtung der Preise, in großem Maßstab zur Verfügung stehen und gut funk-

nieren, ist Voraussetzung jeder hochentwickelten Wirtschaft. Schon ihr partieller Verlust wird mit Verarmung bezahlt, ein Totalverlust wäre eine Katastrophe. Noch älter als diese Einsicht ist allerdings auch der Protest gegen sie. Man denke nur an Martin Luthers Abneigung gegen die Geldwirtschaft, vorgetragen in einer Zeit, in der Selbstversorgung und Naturalwirtschaft im ländlichen Raum noch die dominierende Wirtschaftsform war.

Auch Ressourcenökonomik lässt sich sowohl auf einer Beobachtungsebene erster als auch auf einer zweiter Ordnung betreiben. In einer Beziehung ist Beobachtung zweiter Ordnung für Wissenschaftlichkeit konstitutiv. Jedes Forschungsvorhaben muss seine Zugehörigkeit zum Wissenschaftssystem durch Bezugnahme auf den Forschungsstand, also durch eine Wiederbeobachtung der Beobachtungen anderer Wissenschaftler ausweisen. Dies ist nur ein weiterer Beleg für die Zentralstellung des Beobachtungsmodus zweiter Ordnung in der modernen Gesellschaft. An der Professur für Allgemeine Wirtschaftslehre findet Ressourcenökonomik auf beiden Ebenen statt. Frau MEcon Edlira Kruja befasst sich mit der Informalisierung und Primitivisierung des albanischen Bergbaus nach 1990, durch den sich der vormals bedeutendste Devisenverdiener des Landes ins Unbeobachtbare zurückzog, sowie mit Potenzialen für seine Reformalisierung. Die Informalisierung dieses zuvor großbetrieblich organisierten Sektors ist ein erstaunlicher und aufklärungsbedürftiger Vorgang – in Polen und Tschechien geschah nichts dergleichen, obwohl auch dort nahezu zeitgleich eine kommunistische Diktatur zu Ende ging (und »neoliberale« Wirtschaftspolitiker ans Ruder kamen, die anders als ihre albanischen Kollegen sogar wussten, was diese Vokabel bedeutet). In dieser Arbeit überwiegt die Beobachtung erster Ordnung, zumal es so gut wie keine wissenschaftliche Literatur über die Thematik gibt. Schon viel stärker im Bereich der Beobachtung zweiter Ordnung angesiedelt ist die Arbeit von MEcon Daniel Schlothmann, dessen Untersuchung über Kostenfunktionen in der Ölbranche ihn dazu führt, sich über die Prognosen der Internationalen Energieagentur und die Reaktionen der Öffentlichkeit auf letztere zu verwundern. Vollends auf die Beobachtungsebene zweiter Ordnung übergesetzt hat man, sobald man die Reaktion der Politik auf tatsächliche und vermeint-

liche Probleme mit Naturressourcen und ihre Erörterung in den Massenmedien in die Betrachtung einbezieht und damit über den Bereich der »reinen Ökonomik« (*économie pure*) hinausgeht. Sobald derartige sozialwissenschaftliche Fragen in den Blick kommen, erweisen sich luhmannsche Einsichten als hilfreich.

Als Beispiele hierfür seien vier Eigentümlichkeiten der ressourcen- und umweltökonomischen Debatte genannt, die man in der sog. öffentlichen Meinung und einer breiten, von Experten und »Experten« bevölkerten Übergangszone zwischen Wissenschaft und Politik unschwer auffinden kann. Da ist erstens ein Hang zum Utopischen, und zwar im wortwörtlichen (*ou topos*) Sinne der Beschreibung von Orten, die es zumindest aktuell nicht gibt. In diese Kategorie fallen Katastrophenszenarien, d. h. negative Utopien, Vertreter eines Genres, das erst im 20. Jahrhundert so richtig aufkam. Überhaupt sind Utopien ein Phänomen der Moderne. In der antiken und mittelalterlichen Literatur findet sich da wenig – abgesehen von Platons totalitärem Idealstaat, über den schon Aristoteles gespottet hat. Eine zweite, eng damit zusammenhängende Eigentümlichkeit sind das Verlangen nach einer Art Zentralinstanz oder Spitze der modernen Gesellschaft und die Weigerung, die Unmöglichkeit einer solchen Instanz zur Kenntnis zu nehmen. Sie wird als Adressat für Postulate gedacht, für deren Formulierung sich Umweltexperten mit vornehmlich naturwissenschaftlichem Bildungshintergrund zuständig fühlen. Sozialtheorie wird dann, wenn überhaupt, nur mehr abgesondert, um sich zu erklären, warum die Postulate nicht schon realisiert worden sind. Sozialwissenschaft besteht aus dieser Perspektive vor allem in der Suche nach Sozialtechniken, mit denen utopische Entwürfe umgesetzt werden können. Eine dritte Eigentümlichkeit ist, dass Umwelt- und Ressourcenthemen insbesondere von »sozialen Bewegungen« aufgegriffen werden, die als solche ebenfalls ein typisch modernes Phänomen sind, das sich sowohl von den religiösen Erweckungsbewegungen (beispielsweise Quäkern) als auch von den ökonomisch motivierten Revolten (beispielsweise Bauernaufständen) früherer Zeiten erheblich unterscheidet. Im Hinblick auf den offenkundig andersartigen Operationsmodus dürfte dies wohl kaum einer bestreiten. »Soziale Bewegungen« in dem Sinne, wie dies heutige Umwelt-

bewegungen sind, gibt es erst seit dem 19. Jahrhundert. Und viertens fällt auch die außerordentliche Intensität ins Auge, mit der sich die heutige Gesellschaft kommunikativ mit Umwelt- und Ressourcenthemen befasst. Ganz anders etwa in der Antike: Es ist zwar zu vermuten, dass der Niedergang der wohl höchstentwickelten antiken Gesellschaft, der athenischen, viel mit Ressourcenproblemen zu tun hatte – mit der Erschöpfung der Bergwerke auf der Attika und den Folgen der Bodenerosion für die Landwirtschaft –, aber die berühmtesten Analysen der altgriechischen Literatur suchten die Ursachen fast ausschließlich in den Dysfunktionalitäten der direkten Demokratie.

Aus luhmannscher Theorieperspektive ließe sich zu diesen Themen weitaus mehr beitragen, als in diesem kurzen Aufsatz niedergelegt werden kann. Und viel davon hätte etwas mit dem *gear change* zu tun, den sich Boulding erhoffte. Hier müssen Andeutungen genügen. Eine Gesellschaft, die hochkomplexe Strukturen hervorgebracht hat, benötigt Verfahren der Widerspruchs- und Konfliktvermehrung und -amplifikation, für die in weniger komplexen Gesellschaften kein Bedarf bestand. Zwar gibt es in jeder Gesellschaft zuhauf Widersprüche und Konflikte, aber die meisten von ihnen versickern, ohne strukturelle Auswirkungen zu hinterlassen, die über ein bestimmtes Interaktionssystem (etwa eine Ehe) hinausreichen. Nur wenige schaffen es zu einer großen Karriere. Seit jeher ist es vor allem das Recht, das Widerspruchsmöglichkeiten und Konfliktbereitschaft erzeugt. Wer sich im Recht glaubt und auch erwartet, vor Gericht Recht zu bekommen, wird eher geneigt sein, einen Konflikt zu wagen und erforderlichenfalls bis zum bitteren Ende auszutragen. Der Wert der Konfliktbereitschaft besteht darin, dass sie der Gefahr einer Erstarrung von Strukturen entgegenwirkt, die gerade bei hoher Komplexität droht. Deswegen hat schon die Gesellschaft des 19. Jahrhunderts – und zwar vor allem in den freiheitlichen Staaten, zu denen Deutschland nur mit großen Einschränkungen gehörte – in sich die Austragung von viel mehr Konflikten ermöglicht und zugelassen als jede Gesellschaft vor ihr und bestimmte, in früheren Sozialordnungen nur in kleinen Teilbereichen geduldete Konfliktformen institutionalisiert und verrechtlicht. Eines der wichtigsten Beispiele ist die wirtschaftliche Konkur-

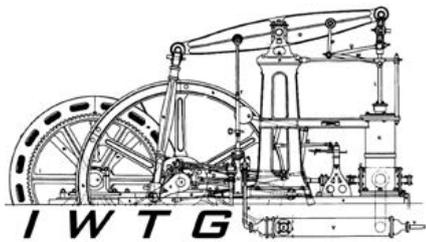
renz, die uns in Deutschland lange nicht geheuer war und manchen auch heute noch nicht ist. Untergegangene (Sowjetunion) oder krisengeschüttelte (Japan) Sozialsysteme unserer Zeit und der jüngsten Vergangenheit litten bzw. liden nicht zuletzt daran, dass sie unzureichende Konfliktchancen eröffne(te)n. Sie woll(t)en Konflikte eher vermeiden bzw., wenn dies nicht gelingt, schlichten, bevor sie es zu einer großen Karriere bringen. Im Fall der wirtschaftlichen Konkurrenz ist dies augenfällig. Japan hat nach wie vor viel mehr Kartelle und mit Kartellen wirkungsgleiche Institutionen als Westeuropa oder Nordamerika.

Offenbar reicht das Recht schon seit dem 19. Jahrhundert nicht mehr als Konfliktbeschaffer aus. Weitere Konfliktbeschaffer der Moderne sind soziale Bewegungen und Ausdrucksformen, die das Verhältnis zwischen Gegenwart und Zukunft dramatisieren. Negative Utopien, Katastrophenszenarien haben diese Fähigkeit, besagen sie doch, dass Schreckliches geschehen wird, wenn nicht in der Gegenwart etwas geschieht. Wer sein Handeln durch eine negative Utopie dieser Art gedeckt sieht, wird eher geneigt sein, auf Konfliktkurs zu gehen. Wird dies zum Ausgangspunkt einer sozialen Bewegung, so entwickelt diese ihre eigenen Latenzbedürfnisse. Um Bewegung werden zu können, muss sie sich über die Unerreichbarkeit ihrer Ziele täuschen. Würde sie sich eingestehen, dass die von ihr thematisierten Probleme allenfalls partiell – und auch das nur in der langen Frist – gelöst werden können, verlöre sie ihre Mobilisierungskraft und drohte ihr die Erschlaffung. Die besondere Prominenz der Ökothemen für die sozialen Bewegungen unserer Zeit lässt sich aus der Operationsweise der Massenmedien verstehen, unter deren »kultureller Hegemonie« wir heute weit mehr als im 19. Jahrhundert stehen. Die Ökothemen besitzen eine besonders gute Eignung für die massenmediale Realitätskonstruktion. Sie sind telegen wie ein Model.²

Literatur

- Boulding, K. (1978). *Ecodynamics. A New Theory of Societal Evolution*. Beverly Hills 1978.
- Constanza, R. / Daly, H. / Goodland, R. / Cumberland, J. (2001). *Einführung in die ökologische Ökonomik*. Stuttgart 2001.
- Luhmann, N. (1997). *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt 1997.

² Luhmann (1997)



Das Institut für Industrie-archäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG)

Helmuth Albrecht

Im Jahr 1992 wurde das Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG) als Nachfolger des 1954 gegründeten Instituts für Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens (IGBH) an der Bergakademie Freiberg gegründet und zählt damit zu den ältesten wissenschafts- und technikhistorischen Instituten Deutschlands. Neben zentralen Aufgaben wie der Leitung und Organisation des Studium generale, des Historicums (Universitätsmuseum) und der Kustodie (Sammlungen) führte das IWTG zunächst die montanhistorische Forschungstradition an der TU Bergakademie Freiberg fort. Seit 1997 konnten Lehre und Forschung am IWTG jedoch schrittweise ausgebaut und erweitert werden. In der Lehre organisiert das IWTG heute im Rahmen des Studium generale nicht nur das fachübergreifende, allgemeinbildende Begleitstudium an der TU Bergakademie Freiberg, sondern zeichnet auch für das konsekutive Bachelor- und Masterprogramm für Industriearchäologie sowie das Masterprogramm für Industriekultur verantwortlich. Das IWTG bietet damit deutschlandweit einmalig zwei spezielle Studienrichtungen für eine interdisziplinäre und praxisorientierte akademische Ausbildung von Fachleuten für die Denkmalpflege, das Museumswesen, das Management sowie die Forschung im Bereich technischer und industrieller Denkmale an. In der Forschung erweiterte sich das Profil des IWTG zugleich um die Industriearchäologie und Industriekultur, um die Umweltgeschichte, die Sammlungsgeschichte sowie die historische Innovationsforschung. Das IWTG integriert damit heute in Lehre und Forschung zentrale und dem Profil der TU Bergakademie Freiberg entsprechende Bereiche der Industriearchäologie, der Wissenschafts- und der Technikgeschichte. Es hat sich

damit sowohl national wie auch international eine breite Anerkennung und einen hervorragenden Ruf erworben. Deutlich wird dies u. a. in der Berufung des Institutsdirektors in den Internationalen Rat für Denkmalpflege (ICOMOS) sowie in den Vorstand des Internationalen Komitees für die Bewahrung des industriellen Erbes (TICCIH).

Zum speziellen Forschungsprofil der TU Bergakademie Freiberg trägt das IWTG vor allem mit seinen Forschungen zur Geschichte der Bergakademie, zur Umweltgeschichte Sachsens, zur Geschichte des Montanwesens im Erzgebirge, zur Innovationsgeschichte sowie zur Industriearchäologie und Industriekultur Sachsens bei. Technische und industrielle Denkmale samt ihrer technischen Einrichtung und Infrastruktur sowie technisch-wissenschaftliche Sammlungen und Objekte werden dabei als eine bedeutende Ressource nicht nur für die Erforschung der Technik- und Industriegeschichte, sondern der gesamten Kulturgeschichte des technischen und industriellen Zeitalters begriffen. Darüber hinaus sind der Erhalt und die Nachnutzung von Industriedenkmalen ein wichtiger Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit den kulturellen und ökonomischen Ressourcen unserer Industriegesellschaft. Im Rahmen des Konzepts der Industriekultur als einer Kulturgeschichte des gesamten industriellen Zeitalters tragen diese Forschungen dazu bei, eine Brücke von der Vergangenheit über die Gegenwart bis in die Zukunft zu schlagen. Auch für unsere moderne Industriegesellschaft gilt die Erkenntnis: Geschichte kennen, heißt Gegenwart verstehen; und Gegenwart verstehen, heißt Zukunft besser gestalten zu können.

Die Forschungsprojekte am IWTG ordnen sich so auf eine ganz spezifische Weise in den Kontext einer auf Ressourcen und Nachhaltigkeit orientierten Forschung an der TU Bergakademie Freiberg ein. Zu ihnen zählen so unterschiedliche Projekte wie das Graduiertenkolleg zur Geschichte der Bergakademie Freiberg im 20. Jahrhundert, die Umweltgeschichte Sachsens, die Erfassung und Dokumentation von Industriedenkmalen in Sachsen, das UNESCO-Welterbe-Projekt Montane Kulturlandschaft Erzgebirge/Krušnohoří oder das von der EU geförderte Gemeinschaftsprojekt SHIFT X zum Nutzen des industriellen Erbes für eine nachhaltige Regionalentwicklung. Das IWTG arbeitet dazu mit lokalen, re-



Der XIV. Internationale TICCIH Kongress fand 2009 in Freiberg statt – der TICCIH-Vorstand besuchte in diesem Zusammenhang die Reiche Zeche

gionalen, nationalen und internationalen Partnern aus den Bereichen Denkmalpflege, Museumswesen, Verwaltung, Kommunen oder auch Unternehmen zusammen. Eine der leitenden Zielsetzungen dabei ist es, Denkmalpflege und Wirtschaftsentwicklung nicht als Gegensätze, sondern als Partner in einem gemeinsam getragenen und gestalteten Prozess zu begreifen und dafür entsprechende Konzepte zu entwickeln. Hierbei spielen strategische Partnerschaften auf nationaler und internationaler Ebene eine zentrale Rolle. Ein Beispiel dafür sind die jüngst vom IWTG initiierten Gemeinschaftsprojekte für das Graduiertenkolleg INNObunt: Industriekultur und historische Objektforschung – Innovationsprozesse in der Buntmetallurgie des Industriezeitalters (1780–1945) mit dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum und der HTW Berlin, das im Rahmen des EU-Programms *Erasmus Mundus plus* beantragte internationale Masterprogramm für Industriearchäologie mit der Elsässischen Universität Mulhouse in Frankreich und der Universität Florenz in Italien oder das gerade geschlossene Kooperationsabkommen mit der Universidad Santo Thoma in Kolumbien zur Erforschung des deutschen Einflusses auf die Industriekultur Kolumbiens.

Zur weiteren Internationalisierung des IWTG trug – neben den bereits bestehenden Initiativen – auch der Aufenthalt einer chinesischen Gastprofessorin im Juli/August 2014 am IWTG sowie die Einladung des Institutsdirektors zu einem Gastaufenthalt in Japan im Juli 2014 bei. Auch damit leistet das IWTG einen wichtigen Beitrag zur Ausformung des Profils der TU Bergakademie Freiberg.



Technische Umsetzung: Cinector, ein Start-up der Hochschule Mittweida

Ein Virtuelles Dach umspannt alle Fakultäten der Bergakademie und ist zusätzlich Zentrum der Verknüpfungen aller räumlich verstreuten und thematisch differenzierten Akteure.

Virtuelle Fakultät *proWissen*

Raum für die Entwicklung und Bündelung zusätzlicher Bildungsangebote

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser

Einleitung

Nachdem unter der Dachmarke »*proWissen*« im Sommersemester des Jahres 2012 zum ersten Mal eine weitgehend vollständige Übersicht der zusätzlichen und überfachlichen Angebote der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (Bergakademie) aufgelegt wurde, hat sich diese schnell zu einem stark nachgefragten und beliebten Medium entwickelt. An die Bündelung der Aktivitäten zahlreicher Akteure schloss sich inzwischen die Weiterentwicklung hin zur »Virtuellen Fakultät *proWissen*« als Projekt unter Leitung des Prorektorats für Strukturentwicklung an. Auf diese Weise folgt die Bergakademie auch der ihr vom Sächsischen Hochschulentwicklungsplan¹ für die »Wissenschaftsregion Freiberg« zugeschriebenen Rolle als geistiges Zentrum ihres Umfelds. Entsprechend ist es sehr erfreulich, dass neben den Studierenden auch zahlreiche Bürgerinnen und Bürger diese Angebote rege nutzen.

¹ Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Der Sächsische Hochschulentwicklungsplan bis 2020 – Leitlinien und Instrumente für eine zukunftsfähige Entwicklung der sächsischen Hochschullandschaft.

Als Technische Universität würdigt die Bergakademie neben dem Erwerb von Fachwissen den Wert geistiger und insbesondere kultureller und ethischer Fragen für die Erlangung einer umfassenden universitären Ausbildung. Mit der Marke »*proWissen*« wird sie dem vorrangig durch zusätzliche Eigenangebote gerecht. Eine wichtige Ergänzung und insgesamt eine Abrundung gelingt ihr jedoch durch die immer intensivere Kooperation mit Partnern aus vielen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens. Die so erzielbare Qualität und der Anspruch für deren weiteren Ausbau sollen durch die Kategorie »Virtuelle Fakultät« beschrieben werden.

Ab dem Wintersemester 2014/15 ist das Angebot der »Virtuellen Fakultät *proWissen*« via Internet von überall her und in besonderer Weise durch die Einrichtung eines Virtuellen Raumes erlebbar. Erstes Ziel ist es, die regional verstreuten und thematisch differenzierten Angebote und die beteiligten Akteure füreinander und von außen her als Gesamtheit erfassbar zu machen. Neben der weiteren Abstimmung sollen so auch überregionale und thematisch erweiterte Kooperationen, etwa im Wirt-

schafts- und Forschungsbereich, unterstützt werden.

Broschüre *proWissen* und Virtueller Raum

Durch die inzwischen über 110 Seiten umfassende Broschüre »*proWissen*« erhalten Studieninteressierte und Wissensdurstige einen kompakten Überblick über die inzwischen aufeinander abgestimmten Vorträge, Ringvorlesungen und weiteren Veranstaltungsformate, die sich vielerlei Themengebieten widmen. Im Vordergrund stehen dabei Gebiete, die im reinen Fachstudium eine eher nachrangige Rolle spielen, für die erfolgreiche Berufsausübung jedoch unverzichtbar sind. Zu nennen ist hier etwa der Erwerb wichtiger Schlüsselkompetenzen, auf die in der Arbeitswelt und damit folgerichtig auch von Seiten der Bergakademie zunehmend Wert gelegt wird. Entsprechende Kurse finden sich beispielsweise unter den Rubriken »Persönlichkeitsbildung/Kommunikation« oder »Internationales/Interkulturalität«. Für die Überschaubarkeit und die Arbeit mit »*proWissen*« wurden mehrere Navigationssysteme entwickelt. So weist eine Legende am Beginn des Heftes auf die Zuordnung von Farben



Technische Umsetzung: Director, ein Start-up der Hochschule Mittweida

ProWissen: Abstimmung und Bündelung von Bildungsangeboten verschiedener Akteure

zu verschiedenen Themenbereichen, von Akronymen zu einzelnen Anbietern und von Buchstaben zu besonders angesprochenen Zielgruppen hin.

An dieser Stelle soll Gelegenheit genommen werden, allen an »proWissen« Mitwirkenden, insbesondere der von Beginn an bewährten Redaktion durch Ulrike Schöbel, die in Cynthia Sternkopf eine ausgezeichnete Nachfolgerin gefunden hat, zu danken. Es ist eine große Freude zu spüren, wie das Team der »proWissen« von Beginn an tragenden Anbieter ausgesprochen konstruktiv zusammenarbeitet und wie sich der Kreis der Veranstalter laufend erweitert. Um dies auszubauen und das integrative Anliegen der »Virtuellen Fakultät proWissen« zu unterstützen sowie diese letztlich als besondere Qualität wahrnehmbar zu machen, wurde das Potenzial eines sogenannten Virtuellen Raumes untersucht. Dieser überspannt alle Fakultäten der Bergakademie, wobei das Dach aus den Verknüpfungen aller Akteure besteht. Hierzu gehören die Beteiligten der Universität und des kooperierenden Umfelds, insbesondere der Wissenschaftsregion, also alle, auch räumlich verstreuten und thematisch voneinander klar unterscheidbaren Partner.

Zusammenarbeit mit Partnern aus Kunst und Kultur

Warum kann die Einrichtung der »Virtuellen Fakultät proWissen« insbesondere unter verstärkter Einbeziehung von Partnern aus Kunst und Kultur so bedeutsam sein? Hierbei spielt unsere Wahrnehmung, also das Aufgreifen der Dinge, wie wir sie für wahr halten, eine besondere Rolle. Naturwissenschaftler, Ingenieure und Wirtschaftswissenschaft-

ler müssen für ihre fachliche Wahrnehmung Nachweise nach klaren methodischen Regeln, die auch Grenzen setzen, erbringen. Damit sind bestimmte Sicht- und Denkweisen vorgegeben. Hingegen haben Künstler das Privileg, mit einer größeren Freiheit zu agieren und dabei auch vorzudenken. Diese Dimension ist für die Bergakademisten eine wertvolle Ergänzung, da so spezifische Änderungen der Sicht- und Denkweisen möglich werden, womit letztlich immer auch die Welt ein Stück weit verändert wird. Außerdem verfügt die Kunst über Ausdrucksformen, die jenen der exakten Wissenschaften zumeist verschlossen sind. Entsprechend kommen Kunst und Kultur innerhalb der »Virtuellen Fakultät proWissen« hohe Stellenwerte zu, und es existieren bereits gute Beispiele für gelungene Interaktionen.

Ein Höhepunkt im Sommersemester 2014 war ganz sicher die Fortsetzung der Zusammenarbeit der Bergakademie mit dem Theater, das in die Universität gekommen war. Dafür wurde das Auditorium in der ersten Semesterwoche zur Verfügung gestellt – ein Hinweis auf die Wertschätzung des Vorhabens. Gefördert durch die Stiftung »Mittelsächsisches Theater« und in Kooperation von Mittelsächsischem Theater und der Bergakademie präsentierte das Poetische Theater Berlin – Die Möwe – das Stück »... was Eisen nicht heilt, heilt Feuer. Schiller und die Räuber«. Die Inszenierung zeigte den gereiften Schiller, der in einen Zwist mit seinem Jugendwerk »Die Räuber« gerät; er entdeckt es neu, will es befördern, aufhalten, in die Abläufe eingreifen. Das Publikum sollte angeregt werden, hinter die Kulissen zu schauen und bisherige Blickwinkel und Wahrnehmungen zu verän-

dern. Das Projekt steht im Kontext einer im Wintersemester 2012/13 begonnenen Zusammenarbeit zwischen Universität und Theater unter der Überschrift »Leidenschaft und Wissenschaft«. Den Auftakt bildete seinerzeit eine Veranstaltung unter dem Titel »Immer zu wenig und alles zu spät – Christoph Hein, mein fremder Freund – Ein Schauspiel«. Am Nachmittag des Veranstaltungstags gastierte der Schriftsteller Christoph Hein auf Einladung der Bergakademie in der sehr gut besuchten Alten Mensa zu einer Lesung. Am Abend folgte dann im ausverkauften Theater eine szenische und musikalische Umsetzung ausgewählter Inhalte aus den Werken Christoph Heins.

Wissen in Verantwortung

Als ein Forum für Diskussionen natur- und ingenieurwissenschaftlicher Belange aus geistes- und sozialwissenschaftlicher Sicht, vor allem unter Berücksichtigung ethischer Fragestellungen, wurde das »Kolleg Wissen in Verantwortung« entwickelt. Den Auftakt der Reihe bildete im Wintersemester 2012/13 die Veranstaltung unter dem Titel »Forschung und ihre Folgen – interdisziplinäre Fallstudien«. Anhand einer Rekonstruktion technischer Unglücksfälle der Gegenwart auf Basis unterschiedlicher Sichtweisen wurde unter Beteiligung von Professoren der Bergakademie gemeinsam mit dem Leipziger Professor für Systematische Theologie/Ethik, Rochus Leonhardt, sowie einem via Internetverbindung zugeschalteten externen Technologieexperten der Zusammenhang zwischen den ethischen und den technischen Dimensionen des Eingreifens in das System Natur in einer Podiumsdiskussion erörtert.

Das Themenfeld der Reihe ist bewusst offen angelegt. So wurde im Wintersemester 2013/14 das Buch »Die Nacht der Physiker«, in dem die Verantwortung des Wissenschaftlers thematisiert wird, vorgestellt. An der Podiumsdiskussion mit dem Autor Richard von Schirach beteiligten sich auch Studierende der TU Bergakademie Freiberg. Der Wissenschaftliche Direktor des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf und langjährige Vorsitzende der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Professor Roland Sauerbrey, hatte vorab seine Impulse und seine Sichtweise auf die Thematik durch eine Videoaufzeichnung formuliert.

Im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Festjubiläum der Bergakademie wurde zusätzlich das Format »Wissen in

Verantwortung.250« etabliert. Dazu werden Experten verschiedener Disziplinen eingeladen, ihr Fachgebiet vorzustellen, um auch neue Perspektiven für die Bergakademie erkennbar zu machen. An ein Referat schließen sich Podiumsdiskussionen unter Beteiligung von Studierenden an, in denen das Gehörte noch einmal aufgegriffen und resümiert wird. Um die Inhalte und Kernaussagen eines jeden Kollegs festzuhalten, soll zum Abschluss der Festperiode eine geschlossene Publikation in Form einer Sammlung kurzer Aufsätze veröffentlicht werden. Im Sommersemester 2014 trug im Rahmen dieser Reihe Professor Udo Ernst Simonis vom Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung zum Thema »Stand und Entwicklung der Umweltpolitik-Forschung in Deutschland« vor. In der anschließenden regen Diskussion verwiesen auch Professoren der Bergakademie auf die von ihnen erarbeiteten Konzepte, die zur Überwindung bestimmter Probleme beitragen und so auch an anderer Stelle wirksam werden können.

Krüger-Kolloquien

Ein inzwischen fester Bestandteil der in der »Virtuellen Fakultät *proWissen*« eingeschlossenen Angebote sind die »Krüger-Kolloquien«, die von der Graduierten- und Forschungsakademie der Bergakademie getragen und durch die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung finanziell ermöglicht werden. Im Rahmen dieser Kolloquien kommen renommierte Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zu Wort.

Zum Eröffnungskolloquium im Juni des Jahres 2010 referierte Professor Ernst Ulrich von Weizsäcker zum Thema »Ressourcenproduktivität als neue Melodie des technischen Fortschritts«. Weitere Vortragende waren unter anderem Professor Horst Teltschik, ein Mitgestalter der wiedererlangten Deutschen Einheit, und Professor Rolf-Dieter Heuer, Direktor des CERN.

Ein besonderer Höhepunkt war ganz sicher jenes Krüger-Kolloquium, zu dem Dr. Sigmund Jähn, erster deutscher Kosmonaut, und Dr. Thomas Reiter, deutscher Astronaut, gemeinsam an die Bergakademie gekommen waren.

Auch der Schriftsteller Christoph Hein folgte im Juni 2014 zum wiederholten Male im Rahmen des inzwischen 12. Krüger-Kolloquiums der Einladung nach Freiberg. In seiner Lesung spannte er einen reizvollen Bogen von der Antike



Zum 12. Krüger-Kolloquium las der Schriftsteller Christoph Hein aus seinem Buch »Vor der Zeit. Korrekturen«.

bis zur Neuzeit und ließ das Auditorium auch während der anschließenden Diskussion an seinen inspirierenden Reflexionen teilhaben.

Zertifikate als Anreize

Neben der Kommunikation der Vielfalt soll ein Anreizsystem die aktive Wahrnehmung der Angebote der »Virtuellen Fakultät *proWissen*« unterstützen. In diesem Sinne ist vorgesehen, über das Fachstudium hinausgehendes studentisches Engagement geeignet zu dokumentieren. Vorbereitend wurde von Juli bis Dezember des Jahres 2013 in Zusammenarbeit mit der Hochschule Mittweida eine Machbarkeitsuntersuchung für dieses Anliegen durchgeführt. Von Seiten der Bergakademie lag die Projektverantwortung bei der Leiterin der Koordinationsstelle *E-Learning*, Aline Bergert. Zur Zeit wird ein Zertifizierungsmodell vorbereitet, das die Dokumentation erbrachter Leistungen und erworbener Kompetenzen ermöglicht und so einen qualifizierten Nachweis, etwa für spätere Bewerbungen, hervorbringt. Außerdem wurden Grundlagen für eine studiengangähnliche Zusammenstellung aus dem Veranstaltungsportfolio erarbeitet. Dies bedeutet, dass die Studierenden entsprechend ihren persönlichen Interessen bei der gewünschten Schwerpunktsetzung unterstützt werden können. In einer Auftaktveranstaltung wird dabei die Gliederung in die drei Einheiten Basis-, Interessen-/Profil- und Projektmodul erläutert. Das Studium an der »Virtuellen Fakultät *proWissen*« wird demnach durch die Dokumentation in einem sogenannten

E-Portfolio begleitet. Dieses eröffnet die Möglichkeit, Testate zu allen Aktivitäten, Informationen zu Inhalten, Ergebnisse diesbezüglicher aktiver Auseinandersetzungen (etwa durch Aufsätze, Vorträge oder auch Filmbeiträge) unter Nutzung einer via Internet verfügbaren Plattform zu sammeln. Abschließend ist ein Reflexionsgespräch, das sowohl den Studierenden als auch den Anbietern der »Virtuellen Fakultät *proWissen*« zu weiterführenden Erkenntnissen verhelfen soll, vorgesehen. Das Basismodul umfasst Fragen zum wissenschaftlichen Arbeiten sowie zur Technikethik und stützt sich auf das Portfolio des Studium generale. Im Interessen-/Profil-Modul soll aus insgesamt ca. zehn Wahlbereichen einer zur Spezialisierung ausgewählt und aktiv bearbeitet werden. Aufbauend auf den so erworbenen Kompetenzen wird dann im Projektmodul eigenständiges Arbeiten und Leiten trainiert.

Alle Bestandteile des Anreizsystems werden derzeit in Zusammenarbeit mit Studierendengruppen erprobt und weiterentwickelt.

Virtuelle Fakultät *proWissen* als Kooperationsraum

Der bisher kreierte Virtuelle Raum wurde auf dem landesweiten Wissenschaftsforum »Campus Sachsen«, das im Juni in Freiberg stattfand, als Basis für eine umfassende digitale Infrastruktur, die im Sinne des *E-Science* die kooperative Forschung sowie die Verbreiterung von *E-Learning*-Angeboten hin zu regional und überregional vernetzter Lehre unterstützen soll, vorgestellt.² Mögliche Synergien betreffen demnach das Zusammenwirken aller Partner, die die »Virtuelle Fakultät *proWissen*« tragen. Damit kann ihr die Bedeutung eines Prototyps für die Entwicklung kooperativer Infrastrukturen zukommen, insbesondere im Zusammenhang mit der Kategorie der Wissenschaftsregionen. Mit ähnlichem Zugang können regional verstreute Ressourcen gebündelt werden. Schon jetzt dient die »Virtuelle Fakultät *proWissen*« als Anlaufstelle für Netzwerksaktivitäten von Hochschulen, Vereinen, Unternehmen und weiteren Einrichtungen des Umfeldes der Bergakademie. Auf diese Weise unterstützt sie nachhaltig das Zusammenwirken von Universität, Stadt und Wissenschaftsregion.

² Prof. Dirk C. Meyer, Vortrag »Virtuelle Fakultät *proWissen* – Virtueller Raum für die Wissenschaftsregionen«, 13. Juni 2014.

Lehre und Forschung entlang der Wandlungskette fossiler Energieträger und Energierohstoffe

Bernd Meyer, Carsten Drebenstedt, Mohammed Amro

Die Aufsuchung, Gewinnung und Veredlung fossiler Energieträger und Energierohstoffe ist spätestens seit dem Jahr 1800, als Friedrich von Hardenberg (Novalis) seinem Lehrer A. G. Werner seinen Erdkohlenbericht vorlegt, und dem Einsatz der ersten Dampfmaschine 1844 im Freiburger Revier ein zentrales Lehr- und Forschungsgebiet an der Bergakademie. Mit der Gründung des Braunkohlenforschungsinstituts im Jahr 1921 erlebte die Disziplin einen ersten, besonderen Höhepunkt. Auch wenn die Braunkohle unter den fossilen Energierohstoffen in Freiberg – historisch bedingt – am stärksten vertreten ist, nehmen die Gewinnung, Verarbeitung und Speicherung von Erdöl und Erdgas einen nicht minder wichtigen Platz ein. Auch der Steinkohlenbergbau und die Verarbeitung von Steinkohlen sind bis heute in Lehre und Forschung vertreten.

Braunkohle: Brennstoffgeologie und Lagerstättenmodell

Braunkohle ist der einzige einheimische fossile Energieträger, der mittel- und langfristig in großer Menge zur Verfügung steht, und ein Grundpfeiler der sicheren und zuverlässigen Stromversorgung in Deutschland – insbesondere vor dem Hintergrund der geplanten Abschaltung der Kernkraftwerke und des Auslaufens des deutschen Steinkohlenbergbaus. Neben der energetischen wird zunehmend auch seine stoffliche Nutzung interessant. Hohe Erdgas- und Erdölpreise sowie eine starke Importabhängigkeit bei diesen Energieträgern erfordern die Suche nach entsprechenden Alternativen. Im Falle der Braunkohle beginnt diese zunächst mit der Erkundung der Lagerstätte. Deren Größe, Form, die Lagerungsverhältnisse sowie ihr möglicher Gestörtheitsgrad, ferner Flözmächtigkeiten und -qualität sowie geotechnische und hydrologische Besonderheiten sind in diesem ersten Schritt aufzuklären. Wichtige Parameter für die Gewinnung sind Lithologie, Geometrie und die geotechnische bzw. hydrologische Situation – vom Liegenden über die eigentlichen Rohstoffkörper bis zum Deckgebirge. Oberflächengeophysikali-

sche Methoden wie Gravimetrie, Seismik oder auch geoelektrische Verfahren liefern erste Erkenntnisse. Analog zu anderen Lagerstätten erfolgt die eigentliche Erkundung durch Bohrungen. Die gewonnenen Erkenntnisse zu Schichtfolge und -aufbau geben Aufschluss über die geotechnische Sicherheit, die Hydrologie und über die Machbarkeit der bergmännischen Entwässerung bis hin zur Rekultivierung nach dem Auslaufen des aktiven Bergbaus. Ein wichtiges Arbeitsgebiet zur Charakterisierung des Rohstoffs im Flöz ist die Makropetrografie als Teil der angewandten Kohlengeologie und -erkundung. Auf makropetrografischem Wege ist es nicht nur möglich, zuverlässige Informationen zur Fazies und Flözgenese zu erhalten, sondern auch rohstoffliche Aussagen zu treffen, wie etwa zum möglichen Brikettierverhalten der Kohle, zum Gehalt an extrahierbaren Bitumina oder zur Art und zum Anteil mineralischer Beimengungen, der sogenannten Aschen.

Sämtliche Informationen fließen in ein Lagerstättenmodell ein und schaffen somit einen zunehmend vollständigen, für den Abbau wesentlichen Datenfundus mit raumbezogenen Aussagen. Das Fachgebiet der Brennstoffgeologie, das in Deutschland nur an der TU Bergakademie Freiberg vertreten ist, wird deswegen auch zukünftig für die Forschung und Lehre von hoher Bedeutung sein. Bezüglich der Bereitstellung definierter Kohlequalitäten werden an den Braunkohlenbergbau steigende Anforderungen gestellt. Für eine stoffliche Verwertung der Kohle ist die Sicherstellung der geforderten, nur schmalbandig vorkommenden Qualitäten von besonderem Interesse. Die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Erkundung und den tatsächlich angetroffenen Kohlenqualitäten erfordert einen neuen Ansatz für das Lagerstättenmanagement. Dazu ist ein höherauflösendes Lagerstättenmodell notwendig. Für betriebswirtschaftliche Risikoabschätzungen sollten auch die In-situ-Variabilitäten der struktur- und qualitätsbeschreibenden Lagerstättenparameter realistisch abgeschätzt werden können.

Hierfür werden geostatistische Simulationsverfahren eingesetzt. Am Institut für Markscheidewesen und Geodäsie wurde ein Werkzeug zur fortwährenden Aktualisierung des Lagerstättenmodells entwickelt. Das simulierte Modell dient sowohl der Geräteauswahl für eine langfristige Abbauplanung, als auch der Auswahl der Abbautechnologie. Die Optimierung der Abbauplanung, insbesondere unter Berücksichtigung der geologischen Unsicherheit bei fortwährender Aktualisierung des Informationshorizonts durch Produktionsdaten aus dem laufenden Abbau, ist ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, das am Institut für Markscheidewesen auch in den nächsten Jahren in Kooperation mit der Braunkohlenindustrie weiter gepflegt wird.

Braunkohlegewinnung

Die bergmännische Gewinnung der Braunkohle im Tagebau erfordert vielfältige Lösungen in den Bereichen Tagebauplanung, der Tagebautechnik und der bergbaulichen Wasserwirtschaft. Die Tagebauplanung befasst sich mit allen erforderlichen Maßnahmen zur Tagebauentwicklung und berücksichtigt gleichermaßen Fragen der Sicherheit, der Umweltverträglichkeit, der sozialen Standards, der Wirtschaftlichkeit und der Flexibilität. Der Forschungsbedarf in diesem Bereich ist groß; im Folgenden seien einige, zum Teil interdisziplinäre Projekte der TU Bergakademie Freiberg genannt. Gemeinsam mit der Professur Virtuelle Realität und Multimedia (Prof. Dr. Bernhard Jung) wurde beispielsweise ein virtuelles Baggersimulationsmodell für einen Großschaufelradbagger (SRs 6300) entwickelt. In Zusammenarbeit mit der Vattenfall Europe Mining AG u.a. konnten die Grundlagen für einen bergtechnologischen Arbeitsplatz gelegt werden. Bei diesem interdisziplinären Projekt wirkten darüberhinaus Kollegen der Wirtschaftsinformatik (Prof. Dr. Carsten Felden) und der Automatisierungstechnik (Prof. Dr. Peter Löber) mit. In einem weiteren Projekt wurden optimierte Gewinnungstechnologien für den Einsatz von Hydraulik-Tieflöffelbaggern und

Schürfkübelbaggern (*Draglines*) bei der Kohlegewinnung auch für Vietnam und in der Mongolei entwickelt. Für die Lausitzer- und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) konnten gemeinsam mit den Professuren des Markscheidewesens und der Geotechnik ein Kippenmonitoring und ein integriertes Kippeninformations- und -bewertungssystem (IKSB) entworfen werden. Anlass waren plötzliche Geländebrüche auf Innenkippen. Aktuell wird an einer Software zur Optimierung von Brecher-Bandanlagen-Systemen in Tagebauen (IPCC) bei diskontinuierlicher Beschickung gearbeitet. Weitere Schwerpunkte in der Tagebauplanung sind die Entwicklung von Simulationsmodellen und Expertensystemen zur Prozessoptimierung sowie von Methoden der Umweltbilanzierung und wirtschaftlichen Bewertung von ökologisch relevanten Prozessen und deren Folgen. Projekte für den Bereich Arbeitssicherheit und zur Optimierung von Hilfsprozessen im Kohlenbergbau werden ebenfalls vorangetrieben.

Auf dem Gebiet der Tagebautechnik widmet sich die Professur für Bergbau-Tagebau den Schwerpunkten Entwässerung, schneidende und selektive Gewinnung. Für die Tagebauentwässerung wird dabei der Einsatz verlaufsgesteuerter HDD- (*Horizontal Directional Drilling*)-Brunnen als Alternative zu herkömmlichen Vertikalfilterbrunnen untersucht. Bei Komplexuntersuchungen zur schneidenden Gewinnung geht es darum, durch geeignete Gestaltung des Grab-/Schneidwerkzeugs und der Schneidparameter den optimalen Arbeitspunkt eines Geräts gesteinsabhängig zu definieren. Erfolgreich umgesetzt wurden die dabei gewonnenen Erkenntnisse beispielsweise beim Einsatz von Großschaufelradbaggern in schwer baggerbarem Gestein. Aktuell werden mehrere Arbeiten zur verlustarmen und trennscharfen, selektiven Gewinnung von Braunkohlenqualitäten betrieben. Eine besondere Rolle spielt dabei der Einsatz von Sensortechnik zur gewinnungsnahen »Erkundung« mit Rückkopplung zum Lagerstättenmodell.

Auch die bergbauliche Wasserwirtschaft ist eine wesentliche Aufgabe für die Tagebauplanung und die Betriebsführung. Beispiele aus der einschlägigen Forschung an der Professur für Bergbau-Tagebau sind u. a. Untersuchungen zur Vermeidung der Sauerwasserbildung in Braunkohlentagebauen oder das Abraummanagement zur Steuerung der nach-

bergbaulichen Wasserqualität. Weiterhin wird gemeinsam mit der MIBRAG und der LMBV an einer Bewertung der Wasserqualität im Südraum Leipzigs gearbeitet, um durch möglichst einfache, technische Maßnahmen die dort anliegende Situation zu verbessern.

Braunkohlenaufbereitung

Mit der einheimischen Braunkohle steht Deutschland ein langfristiger »Energiespeicher« im Inland zur Verfügung, der relativ kurzfristig Energie ins Netz einspeisen kann. Zu den aus hochdynamischen Lastwechseln resultierenden neuen Anforderungen besteht Forschungsbedarf. Ein Aspekt dabei ist die Regelung der Braunkohlenmahl-trocknung, mit der sich das Institut für Aufbereitungsmaschinen (IAM) befasst. In einer zum Teil großmaßstäblichen Versuchsanlage werden die Teilprozesse Trocknen, Zerkleinern, Klassieren und pneumatisches Fördern untersucht. Dabei entstand eine neue Sichter-geometrie, die im Kraftwerk Anwendung findet. Weiterhin wurde an der Optimierung des Schlagrades geforscht, mit dem Ziel, den elektrischen Eigenbedarf der Mühlen zu verringern, um so den Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerks zu erhöhen. Zukünftig wird der Einsatz von Trockenbraunkohle an Stelle von Rohbraunkohle für die Stützfeuerung möglich. Er erlaubt verkürzte An- und Abfahrzeiten und erhöht die Effizienz im Teillastbereich. Weitere Aspekte der Kohleaufbereitung – wie die Zerkleinerung und die Agglomeration – werden vom Institut für Ther-

mische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik intensiv bearbeitet, worauf später noch kurz eingegangen wird.

Gewinnung, Aufbereitung und Speicherung von Erdöl und Erdgas

Die überwiegend importierten Energieträger Erdöl und Erdgas sind aus dem Energieträgermix in Deutschland nicht wegzudenken. Außer in der Verarbeitung zu Kraftstoffen (Benzin, Diesel, Kerosin) finden sie in einer Vielzahl anderer Bereiche stoffliche Verwendung: für die Erzeugung von Kunststoffen, Schmierstoffen, Lösungsmitteln, medizinischen Erzeugnissen u. v. a. Um den hohen Bedarf an Kohlenwasserstoffen über Jahrzehnte hin decken zu können, sind innovative Technologien gefragt. Bei den Aufgaben zur Erdölgewinnung lassen sich grob fünf Arbeitsgebiete unterscheiden, *Abb. 1*.

Die Erkundung und Aufsuchung von erdölführenden Trägerstrukturen beginnt mit der Lokalisierung von Sedimentschichten, die als Erdölträger in Frage kommen könnten. Dazu werden beispielsweise die geologischen Verhältnisse (Schichtabfolge) erfasst. Hier bedient man sich neben der Sichtung geologischer Vorkenntnisse insbesondere geophysikalischer Messungen und deren nachfolgender Auswertung (Data-Processing). Das Institut für Geophysik und Geoinformatik befasst sich unter anderem mit seismischen Bildgebungsverfahren zur Erkundung und Charakterisierung von Kohlenstofflagerstätten. Der zweite Schritt beinhaltet die Festle-

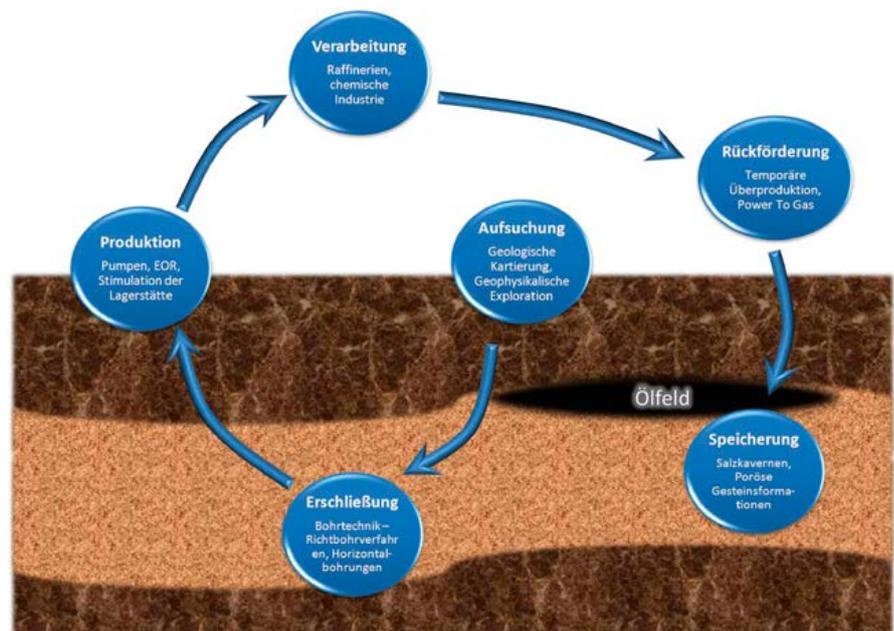


Abb. 1: Schematische Darstellung der Arbeitsgebiete der Erdölgewinnung

gung und Niederbringung von Erkundungsbohrungen. Die 3D-Seismik ist in der Kohlenwasserstoff-Exploration zum Standard geworden. Von den weltweit auf Erdöl und Erdgas niedergebrachten Erkundungsbohrungen wird nur jede siebte fruchtbar. Dabei ist das Niederbringen einer mehrere tausend Meter tiefen Bohrung extrem teuer (fünf bis 50 Millionen Euro). Bislang musste die Bohr- und Fördertechnik im Wesentlichen ohne untertägige visuelle Kontrolle auskommen. Heute geht die Entwicklung jedoch dahin, dass der Zustand der Bohrung sowie der Lagerstätte nicht mehr vorrangig von der Oberfläche aus verfolgt wird, sondern direkt von Untertage (*in situ*) durch Sensortechnik und Messgeräte, die tief in den Bohrungen und Fördersonden installiert sind. Vorausschauende Erkundungssysteme für die Tiefbohrtechnik zu entwickeln, ist ein Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe Bohrtechnik, Spezialtiefbau und Bergbaumaschinen von Prof. Dr. M. Reich am Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau. Nach erfolgreicher Aufschlussbohrung beginnt die Arbeit der Geowissenschaftler und Lagerstätten-Ingenieure. Vertikale bzw. horizontale Produktionsbohrungen müssen geplant und realisiert werden.

Wenn die Produktionsbohrungen die gewünschte Endteufe erreicht haben, müssen sie für die spätere Förderung komplettiert und die notwendigen Steigrohre zur Förderung von Erdöl/Erdgas eingebaut werden. Dies erfordert die überlegte Auswahl geeigneter Technologien, Materialien und Arbeitsabläufe. Ziel ist es, festgelegte Produktionsraten zu realisieren und über die gesamte Lebensdauer der Bohrung von zehn bis zwanzig Jahren Öl und Gas verantwortungsbewusst zu fördern und die Integrität der Bohrungen zu gewährleisten. Hier haben sich in den letzten Jahren Verfahren zur Erhöhung der Erdöl- und Erdgasausbeute (EOR – *Enhanced Oil Recovery*) mit einem hohen Innovationspotenzial etabliert. Diese sind insbesondere ein Schwerpunkt in interdisziplinären Forschungsansätzen, mit denen sich zurzeit das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau beschäftigt. Der Ausbeutegrad von Erdöllagerstätten beträgt heute nur ca. 30 %, mit modernen EOR-Technologien sind 40 bis 45 % möglich. Je höher die Ausbeute bekannter in Förderung gegangener Lagerstätten ist, desto eher kann man auf die Erschließung weiterer Lagerstätten in sensiblen Ökosystemen wie denen der Arktis ver-

zichten. Das größte Potenzial weisen die thermischen EOR-Verfahren auf. Aber auch mikrobielle Verfahren (MEOR), eine Vielzahl von chemischen Verfahren und die Injektion von Kohlendioxid und Stickstoff werden mit Blick auf ihre Praxistauglichkeit speziell für die jeweilige Lagerstätte in Betracht gezogen.

Der Förderung folgt die Aufbereitung des Erdöls und des Erdgases. Dabei werden Verunreinigungen wie beispielsweise Sand, Wasser, Kohlendioxid, Stickstoff oder Schwermetalle entfernt. Anschließend gelangen die Kohlenwasserstoffe zum Endverbraucher oder zur unterirdischen Speicherung. Diese ist zum einen zum Ausgleich tages- und jahreszeitlicher Bedarfsschwankungen und zum anderen zur Überbrückung von durch technische Betriebsstörungen oder politische Ereignisse verursachten Versorgungsengpässen notwendig. Als Speichertypen kommen hauptsächlich Porenspeicher infrage. Man nutzt die ausgeförderten Erdöl- und Erdgaslagerstätten sowie Aquifere (wasserführende Schichten im tiefen Untergrund). Auch Kavernenspeicher in tiefen Salzformationen gewinnen an Bedeutung.

Die Speichertechnik erweist sich im Zuge der Energiewende einmal mehr als unverzichtbares Instrument zur sicheren Versorgung mit Energie und Rohstoffen. Neue Technologien und Verfahren, wie *Power To Gas* (Wasserstoff- oder Methanspeicherung) erlauben es, überschüssige Energie aus der regenerativen Stromerzeugung durch Wind und Sonne in chemische Energie (Gas) umzuwandeln und im Untergrund oder im Gasnetz zu speichern. Durch diese neuen Ansätze ergeben sich auch neue Fragestellungen für Industrie und Forschung. Dabei ist das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau aufgrund seiner langjährigen Erfahrung und seiner einzigartigen technischen Ausrüstung ein vielgefragter Forschungspartner auf dem Gebiet der Untergrundspeichertechnik. Zu den aktuellen Themen gehören u. a. die Wasserstoff-Versuche an Salzgesteinsproben, die die Dichtheit zukünftiger Wasserstoff-Kavernenspeicher nachweisen sollen. Dazu wurde ein explosionsgeschütztes Untertagelabor im Forschungsbergwerk »Reiche Zeche« eingerichtet.

Gastechnik

Auch die Gastechnik ist eine Freiburger Domäne. An der Professur für Gastechnik und am DBI-GTI werden Forschung und Anwendung der Erd-

gasnutzung weiter vorangetrieben. Verbrennungstheorie, Verbrennungsmesstechnik, Ofenprozesse, Porenbrenner, Brennstoffzelle oder Biogas sind nur einige wenige Stichworte aus dem breiten Portfolio dieses Lehr- und Forschungsgebiets.

Energetische und stoffliche Nutzung von Kohlenstoff

Die in Freiberg vertretenen Wissenschaftsgebiete der Veredlungs- und Anwendungstechnik erstrecken sich über alle fossilen Energieträger und Energierohstoffe. Für die festen Brennstoffe hat sich das Institut für Thermische, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik, aktuell unter der Leitung von Prof. Jens-Uwe Repke, in Deutschland und in Europa einen Namen gemacht. Vorrangig werden dort Verfahren und Prozesse der Stückigmachung (Brikettierung, Granulierung oder Pelletierung) von körnigen Kohlen allein oder in Verbindung mit Biomassen entwickelt und optimiert. Auch die Gewinnung chemischer Wertstoffe, beispielsweise durch konventionelle Extraktion oder Hochdruckextraktion, spielt eine wichtige Rolle.

Aktuelle Beispiele aus dem Bereich der Forschung sind die Gegendruck-Brikettierung als Alternative zur Beschickung von Druckreaktoren, Verfahren zur Brikettierung von nicht- und schwachbackenden Steinkohlen oder die Entwicklung eines hochfesten Pyrolysekokes aus Braunkohlen. Die »warme und heiße Seite« der Energierohstoff-Nutzung wird am Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen auf der »Reichen Zeche« durch die Professuren für Reaktionstechnik, Numerische Thermofluidynamik sowie für Energieverfahrenstechnik und thermischen Rückstandsbehandlung abgedeckt. Letztgenannte hat sich insbesondere mit dem Zentrum für Innovationskompetenz ZIK Virtuhcon – zusammen mit der Professur Numerische Thermofluidynamik für die CFD-Modellierung von Hochtemperaturkonversionsprozessen – und dem Deutschen EnergieRohstoff-Zentrum DER zu einem führenden Zentrum für Kohlenvergasung und der darauf aufbauenden Kohlenstoffchemie etabliert.

Zusammen mit anderen Instituten der Bergakademie werden interdisziplinäre Projekte bearbeitet. Das besondere Augenmerk der Professur liegt dabei auf der Verbindung von Stoffdatenermittlung, Modellierung und Experimenten von der

Mikro- bis zur Makroskala. Zu letzteren zählen die großtechnischen Anlagen der Synthesegaserzeugung aus Erdgas oder Erdölbegleitgas (POX-Technikumsanlage 5 MWth, 100 bar), die Benzinsyntheseanlage (120l/h Benzin) und die Schlackebadvergasungsanlage (10 MWth, 40 bar).

Die Professur für Reaktionstechnik knüpft dort an, wo mittels katalysierter Reaktionen Syntheseprodukte erzeugt oder erdöl- oder kohlestämmige Wachse raffiniert bzw. hydriert werden. Auch die Reaktivextraktion von Kohlen zählt zu den innovativen Verfahren: Auf diesem Feld wurden vielversprechende Ergebnisse bezüglich der weitgehenden Auf-

spaltung der Braunkohle in Grundbausteine erzielt.

Einen wichtigen Beitrag zum Verständnis reaktiver Strömungen der Vergasung und der Verbrennung liefert die Professur für Numerische Thermofluidmechanik, insbesondere im Rahmen von Virtuhcon. Aus Teilmodellen, die die Partikel, die Turbulenz, die Strahlung und deren Interaktionen mit den relevanten chemischen Reaktionen beschreiben, werden vollumfängliche Simulationsmodelle erstellt. Diese können die hochkomplexen Strömungs- und Reaktionsvorgänge in Prozessräumen mit großen Abmessungen abbilden. Die an der Pro-

fessur durchgeführten numerischen Simulationen auf Hochleistungsrechnern (HPC = *High Performance Computing*) ermöglichen erstmals ein modellbasiertes Vorwärtsdesign von Prozessen und Verfahren der Vergasung, das weltweit Maßstäbe setzt.

Auch wenn im vorliegenden Text nicht explizit auf die Minderung und Vermeidung von CO₂-Emissionen oder anderer Schadstoffe eingegangen wurde, sind fast ausnahmslos Fragen der Effizienz, der direkten und indirekten Vermeidung von Emissionen sowie der Erweiterung der Rohstoffbasis der Ausgangspunkt der Überlegungen und Arbeiten.

Spinellbildende, kohlenstoffgebundene Filter mit kombinierten aktiven und reaktiven Funktionshöhlräumen

Marcus Emmel, Christos G. Aneziris, Undine Fischer

Knappe Ressourcen und die Notwendigkeit der Senkung des Energiebedarfs fordern die Werkstoffforschung heraus, deutlich leistungsfähigere und zudem noch material- und energieeffizientere Werkstoffe und Herstellungsverfahren zu finden. Sicherheitsbauteile, dünn- oder dickwandige Gussteile oder geschmiedete Komponenten mit hohen Anforderungen an Festigkeit, Zähigkeit und Ermüdungsresistenz können derzeit jedoch, infolge ihres herstellungsbedingten Anteils von Verunreinigungen nicht ihre volle Leistungsfähigkeit entfalten. Häufig kommt es zu einer dramatischen Reduzierung

der sicherheitsrelevanten Eigenschaften, wie beispielsweise der Kerbschlagzähigkeit um bis zu 40 %, [Ovt02], *Abb. 1*.

Generell werden unter jenen Verunreinigungen nichtmetallische Einschlüsse verstanden, die entweder von außen eingebracht werden (exogene Einschlüsse), oder in der Metallschmelze entstehen (endogene Einschlüsse).

Nach dem Zeitpunkt ihrer Entstehung unterscheidet man bei der Stahldesoxidation vier Arten von endogenen Oxideinschlüssen: Unmittelbar nach der Desoxidationsmittelzugabe entstehende Reaktionsprodukte werden als primäre

Einschlüsse bezeichnet, beim Abkühlen entstehende Desoxidationsprodukte als sekundäre. Da sowohl die Löslichkeit des Desoxidationsmittels als auch die des Sauerstoffs im festen Stahl kleiner sind als im flüssigen Stahl, reichern sich Sauerstoff und Desoxidationsmittel bei der Erstarrung in der Schmelze an. Diese Anreicherung kann so groß werden, dass sich beim Überschreiten der Sättigungslöslichkeiten neue Desoxidationsprodukte ausscheiden. Diese im Bereich zwischen Liquidus- und Solidustemperatur entstehenden Produkte werden tertiäre Einschlüsse genannt, die unterhalb der Solidustemperatur generierten Einschlüsse quartäre. Zur Reduzierung der Konzentration solcher nichtmetallischen Einschlüsse sind alternative Wege gangbar, a) Vermeidung der Einschlussbildung und b) Abscheidung der Einschlüsse. Derzeit ist die Filtrationseffizienz für nichtmetallische Einschlüsse in eisenhaltigen Schmelzen für Partikelgrößen von 1 bis 100 µm kleiner als 75 % [Dav08].

Ziel des Sonderforschungsbereichs 920 »Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials« ist daher die wissenschaftlich fundierte Erforschung von funktionalisierten keramischen Filterwerkstoffen für die Herstellung einer neuen Generation von metallischen Hochleistungswerkstoffen für höchstbeanspruchte Sicherheitsbauteile. Die verbesserten Materialeigenschaften sollen im Zuge einer optimierten metallurgischen Prozessführung auf einer neuartigen Klasse von intelligenten Filterwerkstoffen bzw. Filtersystemen für die Metallschmelzbehandlung mit aktiven bzw. reaktiven Poren im Sinne von Funktionshöhlräumen basieren.

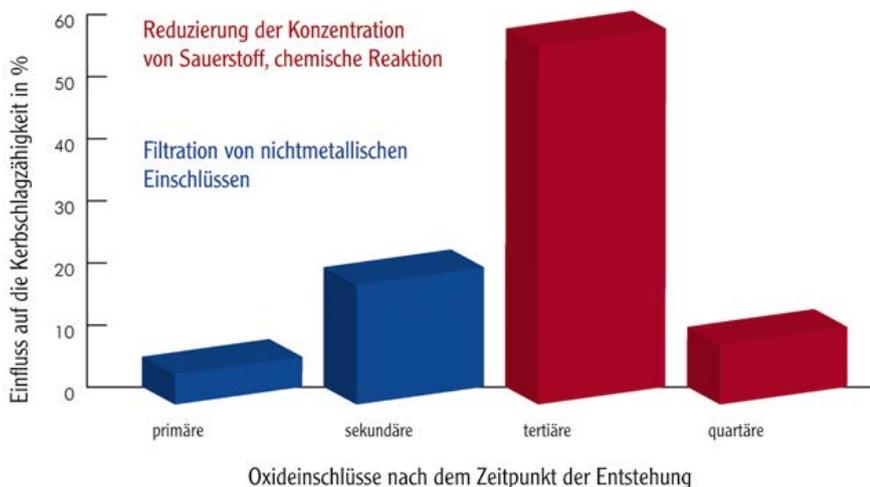


Abb. 1: Einfluss der Oxideinschlüsse auf die Kerbschlagzähigkeit von Stahl [Ovt02]; primäre und sekundäre Einschlüsse können mittels Filtration reduziert werden; bei den tertiären und quartären führt eine Absenkung der Konzentration des im Stahl gelösten Sauerstoffs zu deren Reduzierung [Ane12].

Neuartige Filterwerkstoffe, Filterstrukturen und Filtersysteme mit multifunktionalen aktiven bzw. reaktiven Funktionshohlräumen sollen dazu beitragen, den Anteil an feinen Einschlüssen des Größenbereichs 1 bis 100 μm zu deutlich über 90 % zu entfernen.

Dabei liegt der Fokus des Bemühens um die aktiven Filterwerkstoffe auf der Reduzierung der Konzentration primärer und sekundärer Einschlüsse. Durch gezielte Einstellung der Grenzflächenspannungen an der Kontaktstelle feste Filterwand/fester Einschluss/metallische Schmelze soll die Filtrationseffizienz in der Weise gesteigert werden, dass jeder »Abscheidungstreffer« an der Filterwand verbleibt. Hierzu werden zwei Werkstoffkonzepte hinsichtlich der Aktivierung der Oberfläche in Ansatz gebracht: Nach dem ersten Konzept wird beim Grenzflächen-design der aktiven Filterwand die gleiche chemische Zusammensetzung und Struktur wie die der festen Einschlüsse aus der Metallschmelze angeboten. Als Beschichtungswerkstoffe werden sowohl Mischungen, die bei der Einsatztemperatur erweichen, als auch Materialien mit höheren Schmelzpunkten eingesetzt.

Die alternative Vorgehensweise ist die Generierung eines hohen amorphen Anteils an der Kontaktfläche des Filters mit der metallischen Schmelze. In Vorversuchen in einem speziellen Erhitzungsmikroskop hatte sich herausgestellt, dass amorphe SiO_2 -Substrate besser von Schlacken-Einschlüssen benetzt werden als kristalline [Ane10].

Als Konsequenz des Einsatzes reaktiver Filterwerkstoffe wird eine Reduzierung der tertiären bzw. quartären Einschlüsse erwartet. Ausgehend davon können neuartige Filterwerkstoffe – wie kohlenstoffgebundenes MgO -(Mg)- C im Falle von Stahlschmelzen oder Spodumenbeschichtungen im Falle von Aluminiumschmelzen – zur Absenkung des gelösten Sauerstoffgehalts bzw. im Falle von Aluminium auch des Wasserstoffgehalts beitragen. Zwischen dem Filtermaterial und dem in der Schmelze gelösten Gas soll eine Reaktion hervorgerufen werden, die zur gezielten Generierung von Einschlüssen direkt an der Filterwand führt. Dementsprechend werden nicht nur die primären und sekundären Partikeleinschlüsse abfiltriert, sondern auch die Konzentration der tertiären und quartären Einschlüsse verringert, die üblicherweise im Bereich zwischen der Liquidus- und Solidus-Temperatur bzw.

unterhalb der Solidus-Temperatur gebildet werden.

Im Folgenden soll am Beispiel von Filtern für die Stahlschmelzefiltration auf Basis von Al_2O_3 - MgO - C -Material gezeigt werden, dass es auch gelingt, beide Alternativen zu kombinieren. Hierzu wurden die innerhalb des SFB 920 bereits erfolgreich entwickelten und getesteten, Al_2O_3 - C - und MgO - C -Filterwerkstoffe gekoppelt, um von den Vorteilen einer etwa stattfindenden In-situ-Spinellbildung zu profitieren.

Es zeigte sich, dass trotz Vorhandenseins einer Kohlenstoffmatrix, die die jeweiligen Oxidkörner umgibt, eine Spinellbildung ab etwa 950 °C eintritt. Unter Einsatz der Röntgendiffraktometrie und der Dilatometrie gelang es, diverse

Parameter von Einfluss auf die Intensität der Spinellbildung zu ermitteln.

Aus Abb. 2 wird ersichtlich, dass eine Temperaturbehandlung bei 800 °C hinsichtlich der In-situ-Erzeugung einer Spinellphase noch nicht ausreicht.

Bei weiterer Erhöhung der Verkokungstemperatur wird ein größerer Anteil der Edukte Al_2O_3 und MgO in den Spinell MgAl_2O_4 umgewandelt, so dass bei etwa 1400 °C nur noch wenig Al_2O_3 und MgO vorliegen. Diese werden im Sinne des Spinellwachstums über die Diffusion der Al^{3+} - und der Mg^{2+} -Ionen innerhalb des O^{2-} -Gitters abgebaut. Da die Spinellbildung mit einer Volumenzunahme einhergeht, kann aus dem Dehnungs-/Schwindungsverhalten (siehe Abb. 3) ihr genauer Startpunkt abgeleitet

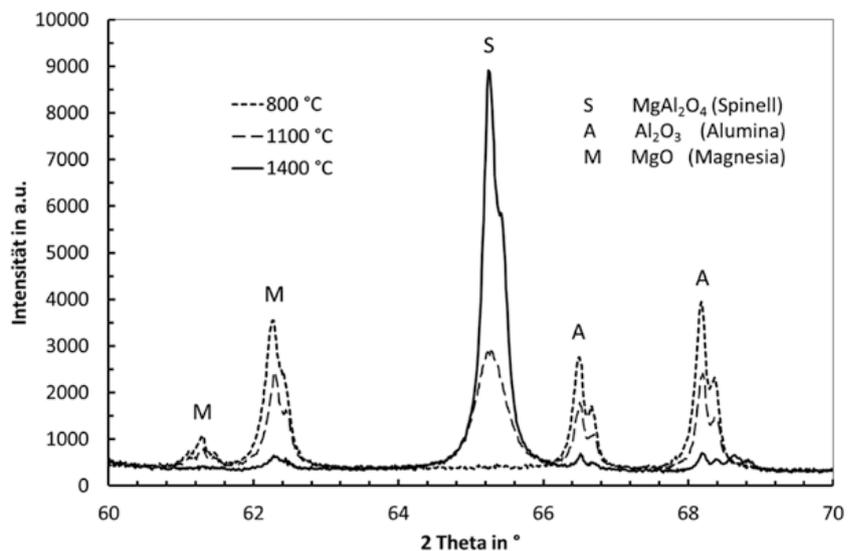


Abb. 2: Phasenentwicklung einer spinellbildenden Mischung $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ in Abhängigkeit von der Verkokungstemperatur. Mit steigender Temperatur intensiviert sich die Umwandlung der Edukte in den Spinell. Eine Verkokungstemperatur von 800 °C erweist sich dabei als nicht ausreichend [Emm14].

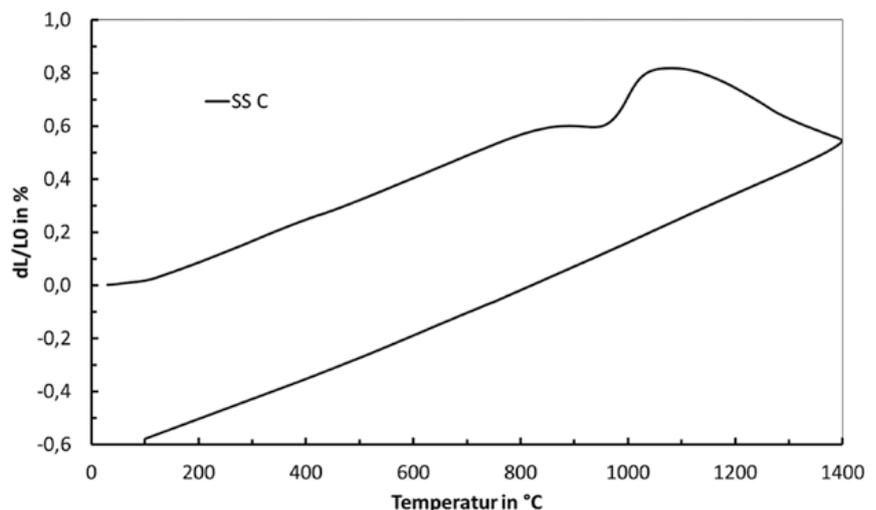


Abb. 3: Dehnungs-/Schwindungsverhalten einer spinellbildenden Metalloxid-Zusammensetzung nach einer thermischen Vorbehandlung bei 800 °C. Ab etwa 950 °C kommt es infolge der In-situ-Spinellbildung zur Dehnung des Probekörpers, die eine Schwindung teilkompensiert [Emm14].

werden. Man sieht, dass die Schwindung der bei 800 °C thermisch vorbehandelten Proben bei etwa 950 °C von der Volumendehnung des erzeugten Spinells überlagert wird und diese somit kompensiert. Für den konkreten Anwendungsfall bedeutet dies, dass die Schwindungskompensation während der Schmelzefiltration zu signifikant konstanteren Metallströmen führt, die wiederum verkürzte Abgusszeiten ermöglichen.

Zur Evaluierung der Eignung dieser neuartigen Filterkomposition für die Stahlschmelzefiltration, einschließlich der erforderlichen Thermoschockbeständigkeit, wurden die Filter im Stahlgussimulator am Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik getestet. Um möglichst industriennahe Bedingungen zu schaffen, wurden die Filter für ca. 30 s – was einer durchschnittlichen Abgussdauer entspricht – in 30 kg Stahlschmelze bei einer Temperatur von etwa 1640 °C eingetaucht. Nachdem die Filter diesen Test unversehrt überstanden hatten, wurden sie mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) genauer untersucht.

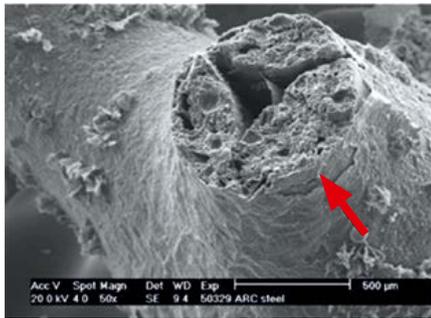


Abb. 4: REM-Aufnahme einer Filterstegbruchfläche bei einer 50-fachen Vergrößerung nach dem Eintauchversuch im Stahlgussimulator. Der intakte Filter weist im Kontaktzonenbereich Filter-Stahlschmelze eine neugebildete Beschichtung auf [Emm14].

Abb. 4 zeigt die Bruchfläche eines Filterstegs nach dem Stahlschmelzekontakt in 50-facher Vergrößerung: Weder der aufgetretene Thermoschock, noch die plötzliche Volumendehnung haben zum Kollabieren der Filterstruktur geführt. Dass eine Volumendehnung innerhalb der Filterstege stattgefunden haben muss, offenbarte die röntgendiffraktometrische Untersuchung: eine ausgeprägte Spinellbildung unter den vorherrschenden Bedingungen. Zudem konnte erstmalig die Erzeugung einer Beschichtung auf dem Filtermaterial nachgewiesen werden (siehe Pfeil, Abb. 4), die sich über den gesamten Filterbereich mit Stahlschmelzekontakt erstreckt. Detaillierte Analy-

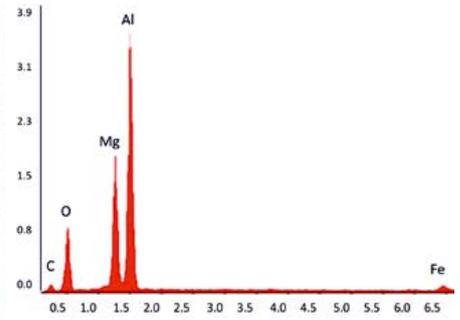
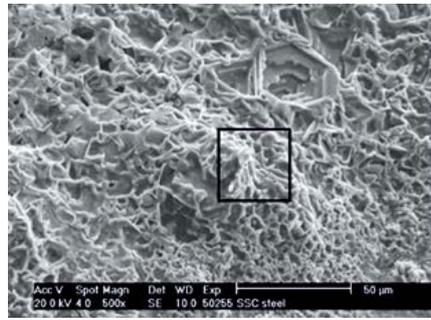


Abb. 5: REM-Aufnahme der neugebildeten Schicht auf der Filteroberfläche nach Kontakt mit der Stahlschmelze in 500-facher Vergrößerung (links). Elementverteilung der Schicht, ermittelt mit EDS (rechts) [Emm14]

sen dieser Schicht mittels REM und der energiedispersiven Röntgendiffraktometrie (EDS) deuten ebenfalls auf die Entstehung des $MgAl_2O_4$ -Spinells hin (siehe Abb. 5). Im Unterschied zum Prozess der Spinellbildung innerhalb der Filterstegkörper wird beim Prozess der Erzeugung des Beschichtungsspinell-Materials die carbothermische Reduktion der Edukte als wesentliche Stufe angesehen: Die so entstandenen gasförmigen Oxid-Spezies reagieren mit dem in der Stahlschmelze gelösten Sauerstoff unter Abscheidung der neuen Schicht – ein Produkt, das generell aus der chemischen Reaktivität des Filtermaterials hervorgegangen ist [Emm14].

Gemessen an den Resultaten der EBSD-Untersuchung (*Electron Backscattering Diffraction*) in Abb. 6 beschränkt sich der Reaktanten-Beitrag des MgO-C-Materials jedoch nicht nur auf die Reduktion der Konzentration von Sauerstoff in der Stahlschmelze. Das während der carbothermischen Reaktion entstandene gasförmige Magnesium reagiert zudem mit den Al_2O_3 -basierten Einschlüssen in der Stahlschmelze unter Bildung von $MgAl_2O_4$ -Spinell. Je näher sich dabei die Einschlüsse an der Filteroberfläche befinden, desto ausgeprägter verläuft die Umwandlung. Dies kann einerseits zu einer Erhöhung des Filtrationseffekts des MgO-C-Filters führen, andererseits macht es aber die Einschlüsse innerhalb des Gussstücks in geringem Umfang unschädlich, da der $MgAl_2O_4$ -Spinell weniger zur Agglomeration neigt als Aluminiumoxid. Die speziellen Filtrationseigenschaften und ihr Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Gussstücke werden in naher Zukunft in Kooperation mit der Industrie ermittelt.

Der Sonderforschungsbereich 920 wird dankenswerterweise aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG von Juli 2011 bis Juni 2015 finanziert.

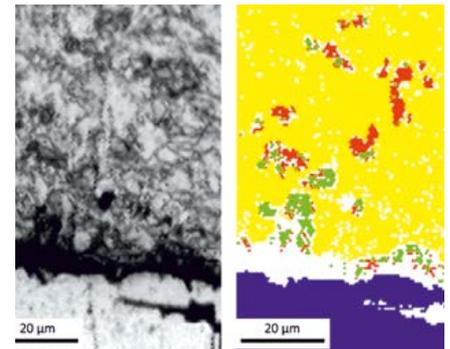


Abb. 6: REM-Aufnahme eines MgO-haltigen Filters nach dem Abguss (links), EBSD-Aufnahme mit den Phasen blau: Periklas, gelb: Ferrit, rot: Korund, grün: Spinell (rechts)

Literatur

- [Ane10] C.G. Aneziris, S. Dudczig: Wetting Behavior of Amorphous and Crystalline Silicon Dioxide in Contact with a Silicate Slag based on Fayalite. *Advanced Engineering Materials*, 12 (2010) [4] 312-319.
- [Ane12] C.G. Aneziris, M. Emmel, A. Stolle: Multifunctional carbon bonded filters for metal melt filtration. *Proceedings of the 36th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (ICACC)*, January 2012, Daytona Beach, FL (USA). The American Ceramic Society, Volume Editors: M. Halbig, S. Mathur. ISBN 978-1-118-49392-8.
- [Dav08] O. Davila-Maldonado, A. Adams, L. Oliveira, B. Alquist, R.D. Morales: Simulation of fluid and inclusions dynamics during filtration operations of ductile iron melts using foam filters. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 39 (2008) [6] 818-839.
- [Emm14] M. Emmel, C.G. Aneziris, F. Sponza, S. Dudczig, P. Colombo: In situ Spinel Formation in Al_2O_3 -MgO-C Filter Materials for Steel Melt Filtration. *Ceramics International*, 40 (2014) [8] 13507-13513.
- [Ovt02] S. Ovtchinnikov: Kontrollierte Erstarrung und Einschlussbildung bei der Desoxidation von hochreinen Stahlschmelzen, TU Bergakademie Freiberg, Dissertation, 2002.

Schließung von Stoffkreisläufen

Heiner Gutte, Hans-Georg Jäckel, Anja Brumme, Dirk Rübhelke, Bernd Meyer

Die globalen organischen und anorganischen Stoffkreisläufe auf der Erde sind die Basis allen Lebens. Eine industrielle Produktionsweise nach dem Leitprinzip der Nachhaltigkeit bedeutet eine naturangepasste Stoff- und Energiewirtschaft, die die anthropogenen Produktions- und Konsumtionsprozesse in Einklang mit natürlichen Organisations- und Wirkprinzipien bringt. Im Zuge der Austauschprozesse zwischen den Stoffspeichern Lithosphäre, Biosphäre und Atmosphäre haben sich im Verlauf der Erdgeschichte beispielsweise aus kohlenstoffhaltigen Verbindungen die fossilen kohlenstoffhaltigen Ressourcen wie Erdöl, Erdgas und Kohle und aus den metallhaltigen Verbindungen die primären Erzressourcen gebildet. Ausgehend von der Betrachtung der Erde als ein geschlossenes System kann ihr Gesamtrohstoffgehalt als nahezu konstant aufgefasst werden. Dies gilt sowohl für die kohlenstoffhaltigen als auch die metallischen Ressourcen und soll im Weiteren für beide Rohstoffklassen, die traditionell wesentliche Arbeitsschwerpunkte der TU Bergakademie Freiberg sind, näher erläutert werden.

Derzeit werden fossile und biogene Kohlenstoffträger überwiegend energetisch genutzt, um Elektrizität, Wärme und Kraftstoffe zu erzeugen. Kohlenstoff wird von allen chemischen Elementen mit Abstand am stärksten aus der Lithosphäre entnommen. Die energetische Nutzung fossiler Kohlenstoffträger führt zu einer markanten Veränderung der Umfänge der Stoffmengenströme zwischen den obengenannten Kohlenstoffspeichern – insbesondere zu einer CO₂-Anreicherung in der Erdatmosphäre. Im Jahr 2013 erreichten die globalen CO₂-Emissionen ihren bisherigen Höchstwert von 36 Mrd. Tonnen.¹ Für einen ressourcenschonenden Umgang mit Kohlenstoffträgern erscheint es unumgänglich, die derzeit dominierende kohlenstoffintensive in eine kohlenstoffarme Wirtschaft zu transformieren. Unter der Annahme, dass über erneuerbare Energien zukünftig Zugriff auf ein nahezu unbegrenztes Energieaufkommen besteht, sollten Ansätze zur stofflich-chemischen Nutzung

der fossilen Energierohstoffe und von CO₂ im Hinblick auf das Schließen von Kohlenstoffkreisläufen neu bewertet werden. Durch Substitution des Kohlenstoffs im energetischen Bereich durch erneuerbare Energien und im stofflichen Bereich durch Kohlenstoff aus biogenen bzw. sekundären Quellen kann mit fossilen Kohlenstoffressourcen schonender und intelligenter umgegangen werden.

Der klassische Ansatz für eine Kreislaufwirtschaft allgemein besteht in der Anhebung der *Ressourceneffizienz*. Entweder wird aus der gleichen Menge an Ausgangsstoffen eine größere Energiemenge gewonnen (Energieeffizienz), oder es gelingt, die Produktausbeute zu steigern (Stoffeffizienz). Energie- und Stoffeffizienz sind die kostengünstigsten Optionen, die Versorgungssicherheit mit Energie und Rohstoffen zu verbessern und die Emissionen von Treibhausgasen zu vermindern. Das größte Einsparpotenzial liegt im Energiesektor selbst, aber auch in einigen energieintensiven Industriebranchen wie beispielsweise der Erzgewinnung und -aufbereitung sowie der Metallurgie. Etwa 30 Prozent des Primärenergieverbrauchs der EU entfallen auf die Umwandlungen in Strom und Wärme und auf deren Verteilung bzw. Transport.² Literaturangaben zufolge werden zudem weitere vier Prozent der Weltenergieproduktion für Zerkleinerungsprozesse für die Aufbereitung primärer und sekundärer Rohstoffe benötigt.

Ein wesentlicher Schritt zur Transformation in Richtung Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems besteht im Übergang von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen. Die Energiewende ist möglich, weil auf ein breites Spektrum an erneuerbaren Energiequellen, die zukünftig dezentral in großen Mengen preiswert zur Verfügung stehen werden, zurückgegriffen werden kann. Der zweite Transformationsschritt, die Rohstoffwende, besteht in Analogie zur Energiewende im Übergang von primären Rohstoffen zu sekundären bzw. nachwachsenden Rohstoffen.

Es wird erwartet, dass im Jahr 2050 ca. 38 Terawattstunden (TWh) Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung

stehen, die in Deutschland nicht zeitgleich verbraucht werden können.³ Daher besteht zukünftig Bedarf an innovativen und ökonomisch tragfähigen Lösungen zur Nutzung von Überschussstrom aus erneuerbaren Energien. Dieser zu erwartende Überschuss an erneuerbaren Energien ermöglicht völlig neue technologische Zugänge zur Dekarbonisierung des Energiesystems und ist Voraussetzung für die zukünftige Schließung anthropogener Kohlenstoffkreisläufe. Im Zentrum stehen innovative kohlenstoffbasierte Stoffumwandlungsprozesse, wobei die Kohlenstoffkreisläufe in Analogie zu denen in der Natur durch erneuerbare Energien angetrieben werden (*siehe Abb. 1*).

Dies betrifft elektrothermisch und elektrochemisch angetriebene Stoffumwandlungsprozesse. Oft liefern exotherme Reaktionen, wie beispielsweise die Verbrennung von Kohlenstoff, die für endotherme Reaktionen erforderliche Reaktionswärme. Vielversprechend sind auch die photokatalytische Spaltung von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff und die Synthese von Kerosin aus CO₂ mit erneuerbaren Energien. Die prinzipielle Durchführbarkeit eines chemischen Recyclings von CO₂ durch erneuerbare Energien wurde anhand zahlreicher Versuche demonstriert. Zur Schaffung neuer Wertschöpfungsketten auf der Basis diverser Kohlenstoffträger sind im Rahmen der BMBF-Forschungsprojekte Innovative Braunkohlenintegration in Mitteleuropa (ibi) und im Deutschen EnergieRohstoff-Zentrum Freiberg (DER) neue Stoff- und Verfahrenskombinationen mit hohen stofflichen und energetischen Wirkungsgraden entwickelt worden, bei denen der Kohlenstoff nicht zu CO₂ verbrannt, sondern in werthaltigen Produkten chemisch gebunden wird.

Außer bei den kohlenstoffbasierten Rohstoffen gibt es die Tendenz des verstärkten Einsatzes sekundärer Ressourcen im besonderen Maße auch bei den metallischen Rohstoffen, von denen die wichtigsten (Fe-/NE-/Edelmetalle) auf Grund ihres Wertpotenzials schon seit jeher im Kreislauf geführt werden. Der Rohstoffbedarf der Weltwirtschaft ist jedoch, nicht zuletzt auch durch den wirtschaftlichen Erfolg großer Schwellenländer wie China und Indien, in den

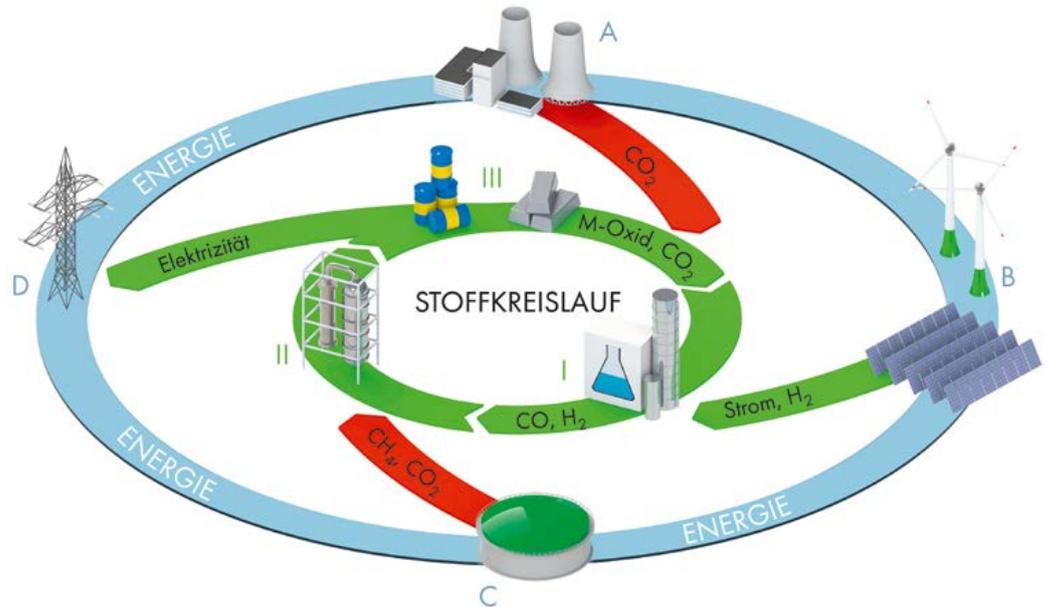
1 D. Carlson, H. Pfeiffenberger: Global Carbon Budget 2013. Earth System Science Data (ESSD)

2 KOM(2011) 109: Energieeffizienzplan der UE 2011

3 Prognos AG: Bedeutung der internationalen Wasserkraft-Speicherung für die Energiewende. Studie im Auftrag des Weltenergieat Deutschland e. V., Berlin 2012, abrufbar unter: www.prognos.com

Abb. 1: Naturangepasster Stoffkreislauf unter innovativer Nutzung erneuerbarer Energien und biogener, fossiler und sekundärer Kohlenstoffquellen.

- A Kohlendioxid aus Kraftwerken als Rohstoff
- B Erneuerbare Energien – Schlüssel für innovative Stofftransformation
- C Hochwertige Veredelungsstufen für die Biotechnologie
- D Entlastung und Stabilisierung der Stromnetze
- I Innovative Stofftransformationstechnologien
- II Maßgeschneiderte Synthese- und Recyclingprozesse
- III Hochwertige und hochenergiehaltige Chemikalien und Metalle



letzten Jahren global stark gestiegen. Die kontinuierliche Verknappung eines Teils der natürlichen Ressourcen und die Bemühungen der Industriestaaten, ihren Rohstoffbedarf langfristig zu decken, bewirken aktuell entsprechende Gegenreaktionen bei den industriellen Verbrauchern. Bei den börsennotierten metallischen Rohstoffen (beispielsweise Edel-, Technologiemetalle) lassen sich verschiedene Strategien erkennen. Zum einen wird versucht, den Bedarf deutlich zu verringern, indem man auf teure Metallrohstoffe möglichst verzichtet oder diese durch preiswertere Alternativen substituiert. Zum anderen bewirkt das wachsende Denken in den Kategorien Stoffkreisläufe, Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung die Erschließung wichtiger, national verfügbarer sekundärer Rohstoffquellen.

Mit dem Recycling von wertstoffhaltigen Siedlungs-, Produktions- bzw. Konsumtionsabfällen werden bisher verloren gegangene sekundäre Metallrohstoffreserven erneut verfügbar. In Analogie zu den Primärrohstoffen muss unter dem Recycling sekundärer Rohstoffe ebenfalls die komplette Prozesskette, bestehend aus Erkundung, Gewinnung, Aufbereitung und metallurgischer Veredelung, verstanden werden. Die Effektivität des Recyclings wird dabei nicht nur durch aufbereitungstechnische oder metallurgische Prozesse bestimmt, sondern maßgeblich auch durch die Logistik der Erfassung/Gewinnung der Sekundärrohstoffe. Als wesentliche Besonderheit wertstoffhaltiger Abfälle müssen insbesondere die Strukturierung der urbanen »Lagerstätten« (vergleichsweise große

Anfallflächen) sowie deren jährliches, teils auch saisonales Aufkommen (verfügbares Wertstoffpotenzial) charakterisiert werden. Von besonderer Bedeutung sind darüber hinaus auch Kenntnisse zur Lebens- bzw. Nutzungsdauer wertstoffhaltiger Güter, die erst nach Ablauf ihrer Nutzungsphase als sekundäre Rohstoffe zur Verfügung stehen. Diese Bestrebungen werden aktuell unter dem Begriff *Urban Mining* zusammengefasst.

An der TU Bergakademie Freiberg hat die Aufbereitung sekundärer Ressourcen wie beispielsweise von Schrotten und metallhaltigen Abfällen eine lange Tradition. Resultierend aus den Erfahrungen der Erzaufbereitung initiierte Prof. Heinrich Schubert am damaligen Institut für Aufbereitung der Bergakademie bereits vor ca. 50 Jahren eine Entwicklung, die das heutige, ressourcenorientierte Erscheinungsbild der TU noch maßgeblich prägt. Mit der Einrichtung des Lehrstuhls Aufbereitungstechnik und Recycling und unter seinem nachfolgenden langjährigen Leiter, Prof. Gert Schubert, wurden wichtige Grundlagen zum Verständnis der Zerkleinerungs-, Klassier- und Sortierprozesse im Bereich metallhaltiger Abfälle geschaffen. Im Ergebnis dieser Entwicklungen verfügt die TU Bergakademie Freiberg heute über eine solide labor- und kleintechnische Ausrüstung zur Aufbereitung sekundärer metallischer Rohstoffe, die europaweit einzigartig sein dürfte. Mit der Integration von Erfahrungen aus peripheren Forschungsfeldern, wie bspw. Mineralogie, Werkstoff-, Geo- und Energietechnik, Chemie, Physik, Maschinenbau, Metallurgie bis hin zur Betriebswirtschaft, ist es mittlerweile ge-

lungen, die gesamte Wertschöpfungskette für technische Produkte forschungsseitig zu begleiten. Neben den traditionellen Aktivitäten zur stofflichen (Wieder-)Verwertung der Konstruktionswerkstoffe betrifft das aktuell insbesondere auch die Konfektionierung und Rückgewinnung moderner Funktionswerkstoffe aus vergleichsweise fein strukturierten Werkstoffverbunden. Auf Grund vielfältiger Referenzen und ihres guten Rufes werden die Recyclingspezialisten der TU Bergakademie daher auch zunehmend konsultiert, um die Verwertbarkeit neuartiger Werkstoff-Verbundkonstruktionen bereits vor ihrer Marktreife zu beurteilen. Die Beispiele hierfür sind vielfältig. Neben anderen werden gegenwärtig verstärkt FuE-Themen bearbeitet, die sich mit dem Recycling von Produkten der Zukunftstechnologien aus den Bereichen regenerative Energien (u. a. Komponenten aus Windkraftanlagen, Photovoltaik-Module) und Fahrzeug-Leichtbau (insbesondere CFK-Leichtmetall-Verbunde, Lithium-Traktionsbatterien sowie Seltenerd-Metall-Magneten aus Elektrofahrzeugen) beschäftigen.

Ein interessantes Beispiel in diesem Zusammenhang ist die Problematik der Rückgewinnung der Seltenerd-Metalle aus sekundären Rohstoffen. Bei diesen handelt es sich um 17 chemische Elemente der Ordnungszahlen 57 bis 71 sowie 21 und 39. Sie sind unerlässlich für eine Vielzahl technologischer Anwendungen – von Energiesparlampen über Autokatalysatoren bis hin zu Permanentmagneten, die in Windkraftanlagen zum Einsatz kommen. Aufgrund ihrer großen Bedeutung für High-Tech-Indus-

trien werden »Seltene Erden« von der Europäischen Kommission als für die EU kritische Rohstoffe bezeichnet.⁴ Deren strategische Relevanz kommt vor allem in der Tatsache zum Ausdruck, dass speziell China auf der Angebotsseite derzeit eine marktbeherrschende Stellung innehat; im Jahr 2013 kamen 90 Prozent der weltweit geförderten Seltenen Erden aus China.⁵ Im Laufe der 1980er-Jahre konnte China die bis dato vertretenen Wettbewerber mit geringen Preisen aus dem Markt für Seltene Erden verdrängen und daraufhin Zölle und Exportquoten etablieren, die heute die angebotene Menge verknappen, zu einem Nachfrageüberschuss führen und den Weltmarktpreis ansteigen lassen. Dadurch wird es für andere potenzielle Anbieter rentabel, die Förderung Seltener Erden (wieder) aufzunehmen. Dabei sind jedoch *time lags* von zehn bis 15 Jahren zu berücksichtigen, sodass in der kurzen Frist die heimische Bereitstellung Seltener Erden nur durch Recycling realisiert werden könnte. Gegenwärtig liegt die Recyclingrate für diese Metalle bei teilweise weniger als einem Prozent.⁶ Die Ursachen für die Kleinheit dieses Anteils sind vielfältig:

4 EC (2010): Critical raw materials for the EU. Report of the Ad-Hoc Working Group on defining critical raw materials. European Commission Enterprise and Industry, Fraunhofer ISI.

5 U.S. Geological Survey (2014): Mineral Commodity Summaries 2014.

6 Graedel, T.E. (2011): Recycling Rates of Metals – A Status Report. United Nations Environment Programme.

- Die Anreize zum Recycling bzw. zu FuE-Aktivitäten waren bis vor einigen Jahren gering (Angebotsüberschuss, Preisniveau vergleichsweise niedrig).

- Die Verfügbarkeit von SE-haltigen Sekundärrohstoffen ist erst mit beträchtlicher zeitlicher Verzögerung gegeben (lange Lebensdauer der Anwendungen, teilweise Bestrebungen zur Wiederverwendung von SE-haltigen Bauteilen).

- Das Recycling ist nicht wirtschaftlich darstellbar (sehr geringe SE-Gehalte bzw. -Konzentrationen in Konsumtionschrotten; Energieaufwand teilweise höher als bei Primärproduktion; Produktqualitäten teilweise schlechter).

Die Politik hat das Problem der kritischen Ressourcen und die Bedeutung geschlossener Stoffkreisläufe erkannt. So hat die deutsche Bundesregierung eine Rohstoffstrategie erarbeitet, in der FuE-Programme im Bereich Recycling eine große Rolle spielen.⁷ Auf EU-Ebene wird Recycling als einer von drei Hauptpunkten der Europäischen Rohstoffinitiative genannt. Neben logistischen Verbesserungen des Abfallsammel- und Aufbereitungsprozesses geht es vor allem darum, illegale Müllexporte in Drittländer zu unterbinden, um auf diese Weise die Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen in Europa zu erhöhen sowie in Forschungs-

7 BMWi (2010): Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

vorhaben zu Recyclingverfahren zu investieren.⁸ Da diesbezüglich noch erheblicher Handlungsbedarf besteht, werden entsprechende Forschungsaktivitäten als ein erster Schritt auf dem Weg zu geschlossenen SE-Stoffkreisläufen angesehen.

Ausgehend von der ursprünglich reinen Umweltschutzmaßnahme, die Abfälle umweltgerecht und kontrolliert zu entsorgen, hat das Recycling als eines der Hauptinstrumente der Rohstoffwende damit eine neue Dimension der Entwicklung erreicht. Der Weg des wertstoffextensiven Wirtschaftens ist eine der größten Herausforderungen für Wissenschaft und Wirtschaft im 21. Jahrhundert. Ein entsprechendes Engagement vorausgesetzt, kommt Deutschland als führendem europäischen Technologieland und Initiator der Energiewende dabei eine Schlüsselrolle zu. Mit der schrittweisen Profilierung der TU Bergakademie Freiberg zur Ressourcenuniversität sind in den vergangenen Jahren wesentliche Grundlagen dafür geschaffen worden, dass der Standort Freiberg zukünftig wichtige Beiträge zu dieser Entwicklung leisten und damit seiner historischen Bedeutung gerecht werden kann.

8 EC (2011): Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, KOM(2011) 25 endgültig.

Das Freiburger Biohydrometallurgische Zentrum (BHMZ): ein Promotionskolleg der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung

Michael Schlömann

Biohydrometallurgie: eine der möglichen Antworten auf aktuelle Herausforderungen bei der Metallgewinnung

Bergbau und Aufbereitung zur Gewinnung von Metallen sehen sich weltweit einer wachsenden Reihe von Herausforderungen gegenüber. Zu diesen gehören:

- Die verfügbaren Erze haben tendenziell immer geringere Gehalte an Zielmetall.
- Es besteht die Notwendigkeit, immer komplexer zusammengesetzte Erze abzubauen; damit stellen sich neue Trennprobleme bei der Aufbereitung.
- Der Erzabbau dringt in größere Teufen vor, was je nach Beschaffenheit der Lagerstätte den Übergang vom Tagebau zum untertägigen Abbau erzwingt – oder im Abbau untertage einen größeren Aufwand, u. a. für die Bewetterung.
- Die Bereitstellung der dafür erforderlichen Energie beein-

trächtigt die Umwelt und ist teuer. Deshalb sollte Energie möglichst sparsam aufgewendet werden.

- Auch in Entwicklungsländern und erst recht in Schwellen- und entwickelten Ländern wird zunehmend dem berechtigten Anspruch der Bevölkerung Ausdruck verliehen, dass Bergbau so geführt werden muss, dass er die Umwelt möglichst wenig beeinträchtigt, dass also beispielsweise Wasser nur in beschränktem Umfang gebraucht und nach Gebrauch angemessen gereinigt wird.
- Die chemische Zusammensetzung der Materialien für High-Tech-Produkte wird im Zuge der Anpassung ihrer Eigenschaften an ihr spezielles Einsatzgebiet immer komplexer. Spurenelemente, die früher wirtschaftlich irrelevant waren, spielen heute in den entwickelten Volkswirtschaften eine herausragende Rolle (Gallium, Indium, Germanium, Seltenerd-Metalle, Pla-

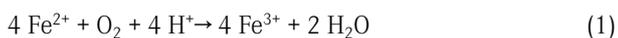
tingruppen-Elemente). Bergbau und Aufbereitung müssen die Versorgung auch mit diesen Elementen sicherstellen.

• Die natürlichen Ressourcen sind zwar groß, aber letztlich endlich. Deshalb führt bei steigendem Verbrauch von Metallen kein Weg an effizienten Recyclingverfahren vorbei.

Eine der möglichen Technologien, diesen Herausforderungen zu begegnen, ist die Biohydrometallurgie. Hierbei geht es um Prozesse der Metallgewinnung, bei denen die Metalle unter Mitwirkung von Mikroorganismen zunächst in eine wässrige, i. d. R. saure Lösung gebracht und dann, ggf. unter Mitwirkung von Mikroorganismen, hieraus gewonnen werden.¹ Das klassische Beispiel für Biohydrometallurgie ist die mikrobielle Laugung sulfidischer Kupfererze, wie sie großtechnisch – neben den klassischen Verfahren über Flotation und Verhüttung – bspw. auch im wichtigsten kupferproduzierenden Land, Chile, praktiziert wird.

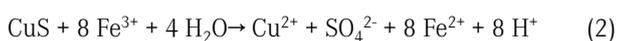
Da oxidische Kupfererze säurelöslich sind, setzt man bei solchen Erzen häufig auf eine Haldenlaugung. Das heißt, eine Schwefelsäure-Lösung wird auf einem Haldenkörper, der auf einer undurchlässigen Schicht aufgebaut worden ist, verteilt. Beim Hindurchrieseln der Flüssigkeit durch den Haldenkörper gehen Kupferionen in Lösung, und die entstehende kupferreiche Lösung, die *pregnant leach solution*, wird in Kanälen aufgefangen. Aus dieser Lösung wird dann üblicherweise durch Solventextraktion und Elektrowinning das elementare Kupfer gewonnen. Soweit ist dies Hydrometallurgie – ohne »Bio«.

Das »Bio« kommt normalerweise hinzu, wenn es um Kupfersulfide geht. Diese lassen sich allein mit Säure nicht hinreichend schnell in Lösung bringen. Sie benötigen zusätzlich einen oxidativen Angriff. Und genau hier spielen die Mikroorganismen, vor allem eisenoxidierende Bakterien oder *Archaea*, eine entscheidende Rolle. Sie leben davon, dass sie mit Hilfe von Sauerstoff Fe^{2+} - zu Fe^{3+} -Ionen oxidieren. Dem Energiestoffwechsel dieser Organismen liegt also folgende chemische Reaktion zugrunde, Gl. (1):

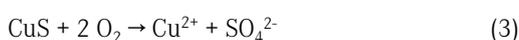


Die Eisenoxidierer können in der Regel autotroph wachsen, ihre Biomasse also aus CO_2 aufbauen, und sie nutzen zweiwertiges Eisen als Elektronendonator – so wie wir Menschen mit unserem heterotrophen Stoffwechsel Stärke, Fette oder Eiweiße als Elektronendonoren nutzen.

Bei den klassischen Laugungsprozessen ist es dann das Fe^{3+} -Ion, das die sulfidischen Minerale oxidativ angreift. Bei vollständiger Oxidation wird der Schwefel nach der folgenden Reaktionsgleichung zum Sulfat oxidiert, Gl. (2):



Als Zwischenstufen werden jedoch auch teiloxidierte Schwefelspezies gebildet. Diese können sich je nach den Bedingungen ggf. anhäufen. Das Fe^{3+} - wird bei dem oxidativen Angriff auf die Sulfide wieder zum Fe^{2+} -Ion reduziert. Aus der Addition der beiden Reaktionsgleichungen (1) und (2) ergibt sich so am Beispiel des Covellins (CuS) Gl. (3):



¹ Siehe dazu ACAMONTA 2011, S. 52.

Die am längsten bekannten und am besten untersuchten Eisenoxidierer sind Bakterien der Art *Acidithiobacillus ferrooxidans* (früher *Thiobacillus ferrooxidans* genannt). Heute weiß man jedoch, dass andere Bakterienarten – je nach den konkreten Bedingungen – in der Regel eine noch größere Rolle spielen, so beispielsweise *Leptospirillum ferrooxidans*, *Leptospirillum ferriphilum*, *Ferrimicrobium acidiphilum* oder *Sulfobacillus acidophilus*. Hinzu kommen Repräsentanten der sog. *Archaea*, also von Mikroorganismen, die nicht zu den Bakterien gehören, wie beispielweise *Ferroplasma acidiphilum*, *Metallosphaera sedula*, *Sulfolobus metallicus* und *Acidianus brierleyi*.

Warum nun ist die Biohydrometallurgie eine mögliche Antwort auf die genannten Herausforderungen?

1. Mikrobielle Laugung wird seit Jahren großtechnisch, speziell auch bei der Ausbeutung von ärmeren Erzen eingesetzt, und insofern ist ihre Eignung hierfür erwiesen.
2. Auch komplexer zusammengesetzte Erze lassen sich – je nach ihrer chemischen Reaktivität – prinzipiell laugen. Ob in manchen Fällen dabei ein Beitrag zur Lösung des Trennproblems durch bevorzugte Laugung gewisser Komponenten geleistet werden kann, wird zu untersuchen sein. Neuartige, in Entwicklung befindliche Verfahren, wie die reduktive Laugung von Erzen mit hohem Anteil an Eisen- oder Manganoxiden, werden sicher im Hinblick auf die Nutzung komplexer Erze noch erheblich an Bedeutung gewinnen.
3. Grundsätzlich ist mikrobielle In-situ-Laugung möglich, also Laugung direkt im Berg, auch in großer Teufe oder bei relativ hohen Temperaturen. Perspektivisch kann so der Abbau von Erzen unter Bedingungen möglich werden, die für Menschen unzumutbar sind.
4. Energie wird im Bergbau sowohl für die Gewinnung des Erzes wie auch insbesondere für dessen Zerkleinerung aufgewendet. Je nach Vorgehensweise (In-situ-Laugung, Haldenlaugung, Reaktorlaugung) benötigt die Biohydrometallurgie ggf. sehr viel weniger Energie als konventionelle Verfahren – insbesondere, weil oft weniger Zerkleinerungsarbeit geleistet werden muss.
5. Biohydrometallurgie vermeidet jene Arten von Umweltbeeinträchtigungen, die mit der Flotation (Wasserverbrauch) und der Verhüttung einhergehen. Insofern ist sie tendenziell umweltverträglich. Allerdings muss gewährleistet sein, dass mit der entstehenden Schwefelsäure und den darin gelösten Metallen sicher umgegangen wird. Wenn insbesondere In-situ-Laugung sicher und ohne Beeinträchtigung des Grundwassers durchgeführt werden kann, ist der Landschaftsverbrauch durch den Bergbau minimiert.
6. Biohydrometallurgie wird seit Jahren großskalig auf Kupfer und Gold betrieben sowie in geringerem Umfang auch für die Gewinnung von Uran, Zink, Nickel und Kobalt, während die für moderne Volkswirtschaften strategisch so wichtigen Begleitelemente bisher weitgehend unbeachtet geblieben sind. Dies heißt aber nicht, dass Biohydrometallurgie für strategische Elemente nicht möglich oder nicht sinnvoll sei; vielmehr betreten wir hier jetzt ein noch offenes Forschungsfeld.
7. Ähnliches gilt für die Nutzung von biologischen Verfahren für Recyclingzwecke, sei es in der Stufe der Laugung oder bei der Gewinnung aus der wässrigen Phase.

Ein weiterer positiver Aspekt ergibt sich nicht aus den genannten Herausforderungen für den Bergbau und die Aufbereitung, sondern aus der überaus dynamischen Entwicklung der Biowis-

senschaften: Durch die Methoden der Gen- und Genomforschung sowie der Biochemie wird es möglich, die Zusammensetzung mikrobieller Lebensgemeinschaften sowie die Funktionsweise der Zellen detaillierter zu verstehen und damit letztlich auch geobiotechnologische Prozesse besser zu steuern.

Die Biohydrometallurgie verspricht also, für einige der aktuellen Herausforderungen in Bergbau und Aufbereitung adäquate Antworten bereitzuhaben, und sie profitiert von den enormen Fortschritten der Biowissenschaften. Deshalb sollte diese Arbeitsrichtung auch für die Bergakademie als Ressourcenuniversität strategische Bedeutung haben.

Entstehung des Biohydrometallurgischen Zentrums

Nachdem die Dr. Erich-Krüger-Stiftung im Jahr 2006 gegründet worden war, entschied sich der Stiftungsvorstand, als erste große Maßnahme im Sinne einer anwendungsorientierten Forschung fünf Jahre lang ein Promotionskolleg zu fördern, in dem mindestens acht Arbeitsgruppen aus mindestens drei Fakultäten interdisziplinär zusammenarbeiten. Auf eine entsprechende Ausschreibung hin erhielten 2007 die Kollegen des Freiburger Hochdruck-Forschungszentrums (FHP) unter Koordination von Prof. Jens Kortus den Zuschlag, und dieses Kolleg lief sehr erfolgreich von 2007 bis 2012. Es wird derzeit als Transferprojekt in verkleinertem Umfang noch weiter gefördert, um die Überführung von Ergebnissen in die praktische Anwendung zu erleichtern. Die Förderung des Kollegs erwies sich als sehr gute Möglichkeit, die interdisziplinäre Zusammenarbeit zu intensivieren und auch die Sichtbarkeit der Forschungsrichtung zu erhöhen.

Vor diesem Hintergrund entschloss sich der Vorstand der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung im Frühjahr 2012, auch in den nachfolgenden fünf Jahren wieder ein Promotionskolleg zu fördern und eine erneute Ausschreibung zu starten, im Wesentlichen mit denselben Kriterien wie 2007. Den Zuschlag erhielt diesmal – mit Beschluss vom November 2012 – das Freiburger Biohydrometallurgische Zentrum (BHMZ). Nachdem erste Doktoranden eingestellt waren, wurde das BHMZ am 8. Mai 2013 offiziell eröffnet. Im Rahmen der Eröffnungsfeier übermittelte auch der Botschafter der Republik Chile ein Grußwort an das Auditorium. Den Festvortrag hielt Prof. Robin Batterham von der University of Melbourne. Dieser war früher im Bergbau-Konzern Rio Tinto für Forschung und Entwicklung u. a. auch für den Laugungsbereich zuständig und legte die Vision einer umweltschonenden In-situ-Laugung dar. Frau Krüger überreichte im Rahmen dieser Veranstaltung allen bereits eingestellten Doktorandinnen und Doktoranden Urkunden über die Aufnahme in das Kolleg (Abb. 1).

Übergreifendes Ziel und Teilprojekte

Im BHMZ arbeiten 13 Professuren aus vier Fakultäten zusammen. Weitere Kolleginnen und Kollegen aus der Bergakademie sowie dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcetechnologie oder dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung sind assoziierte Mitglieder. Damit bildet das BHMZ mit seinen Teilprojekten die biohydrometallurgische Prozesskette weitgehend ab (Abb. 2).

Um für gemeinsame Forschung durch Überlappung der Arbeitsgebiete Ansatzpunkte zu schaffen, musste eine Fokussierung der Teilprojekte auf ein übergeordnetes, gemeinsames Ziel vorgenommen werden. Es wurde vereinbart, die Gewinnung der nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommenden



Abb. 1: Frau Krüger überreicht im Rahmen der Eröffnungsfeier bereits eingestellten Doktorandinnen und Doktoranden Urkunden zur Aufnahme in das Promotionskolleg.

Elemente Indium und Germanium aus Sphalerit oder anderen Mineralen gezielt in den Fokus zu nehmen, wobei selbstverständlich die in größerer Menge vorkommenden Wertelemente – wie Zink oder Kupfer – bezüglich einer Ausbringung immer ebenfalls berücksichtigt werden sollen. Indium und Germanium zählen beide zu den sogenannten strategischen Rohstoffen, also zu den Elementen, die für die Herstellung von High-Tech-Produkten von zentraler Bedeutung sind, für die innerhalb der EU aber keine hinreichende Versorgung gesichert ist. Indium wird beispielsweise zur Herstellung von Flachbildschirmen, Touchscreens, Leuchtdioden und hocheffizienten Solarzellen benötigt, Germanium für die Hochfrequenz-Technik, die Infrarot-Optik oder als Katalysator. Nach einer Studie der Europäischen Kommission von 2010 (*Critical Raw Materials for the EU*) stehen bezüglich der bis 2030 zu erwartenden Steigerung des Bedarfs die Elemente Indium und Germanium hinter Gallium an zweiter und dritter Stelle. Bei beiden Elementen sind mehr als 50% der derzeitigen Weltproduktion in einem einzigen Land konzentriert, was zu Abhängigkeiten führen kann. Beide Elemente wurden von Wissenschaftlern der Bergakademie entdeckt: Indium 1863 durch Ferdinand Reich und Theodor Richter, Germanium 1886 durch Clemens Alexander Winkler. Beide Elemente kommen in heimischen Lagerstätten vor, so dass eine wirtschaftliche Verwertung erhaltener Ergebnisse in der Region möglich erscheint.

Auch wenn das BHMZ derzeit formal »nur« ein großes interdisziplinäres Projekt bzw. Promotionskolleg mit einem entsprechenden Ausbildungsprogramm für die Doktoranden ist, aber eben mit einer begrenzten Dauer, so hat es dennoch den Anspruch, sich als feste Einrichtung an der Bergakademie zu etablieren. Und wie unten zu zeigen sein wird, hat sich die Arbeitsrichtung bereits deutlich erweitert und auf zusätzliche Projekte ausgedehnt.

Die Teilprojekte (TP) sind nach Maßgabe der biohydrometallurgischen Prozesskette numeriert und umfassen die folgenden Professuren, Doktoranden und Arbeitspakete:

Das **TP 1 – Geologie und Metallogenie von Indium- und Germanium-Lagerstätten im Erzgebirge und in Vergleichsgebieten weltweit** wird von Prof. Thomas Seifert (Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie) geleitet und vom Doktoranden M. Sc. Matthias Bauer bearbeitet. Hier geht es um die Frage, in welcher Form Indium in den Lagerstätten vorkommt – als

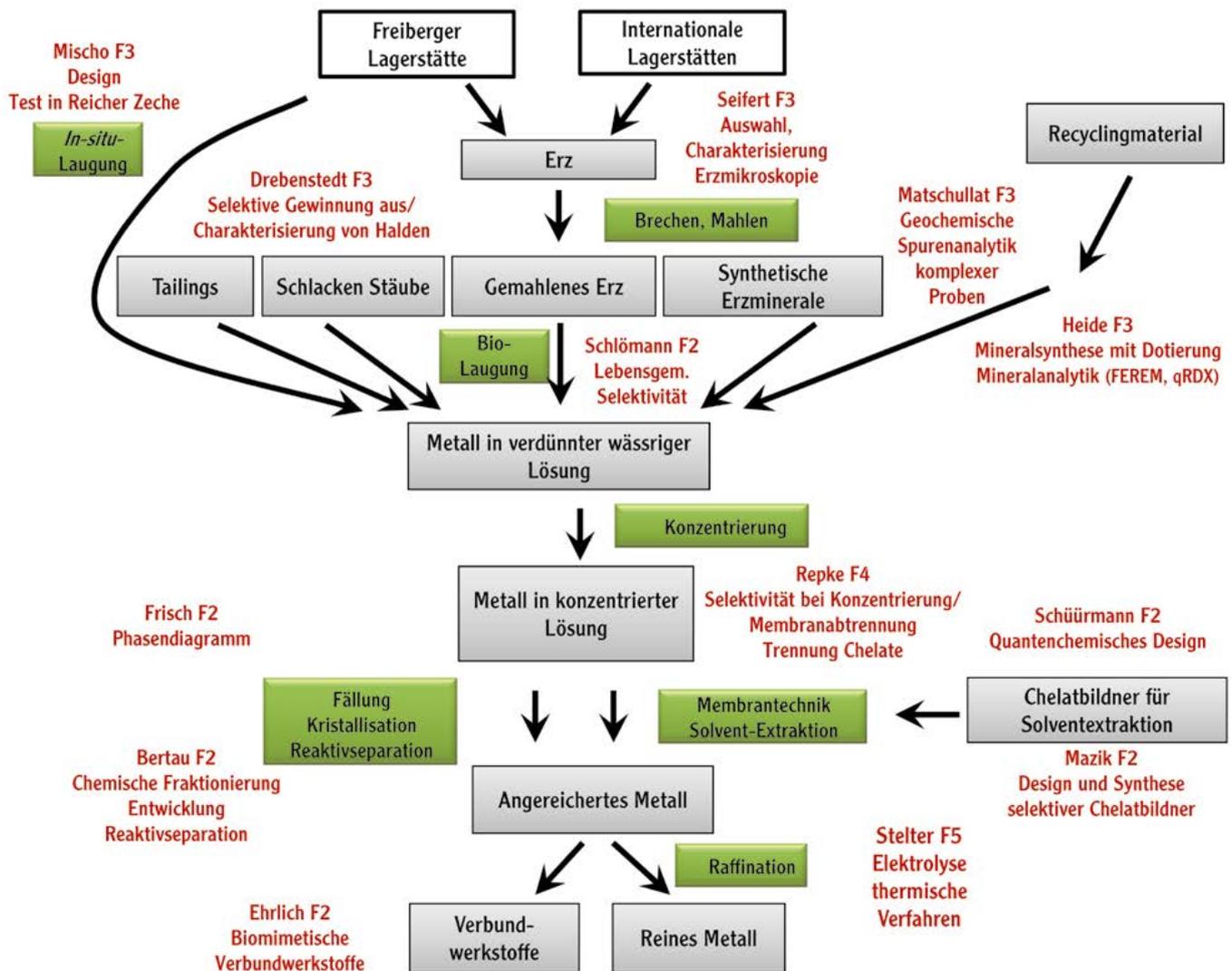


Abb. 2: Aufbau des BHMZ entlang der biohydrometallurgischen Prozesskette. Grau hinterlegt: Zwischen- oder Endprodukte; Grün hinterlegt: Verfahrensschritte; Rot: beteiligte Professoren mit ihren Aufgaben im BHMZ

Ion im Kristallgitter des Sphalerits oder anderer Minerale oder in eigenständigen Mikromineralen. In Proben aus der Reichen Zeche bzw. dem Vergleichsobjekt »Ludwig Fundgrube« (Oelsnitz i. Vogtl.) wurden Indium-Gehalte von über 100 ppm (bis 500 ppm) gefunden – nicht jedoch eigenständige Indium-Mineralen. In der Reichen Zeche ist Indium offenbar überwiegend an Fe-reichen Sphalerit und in Spuren an Chalkopyrit und Stannin gebunden.

Das **TP 2 – Design, Einrichtung und Durchführung eines In-situ-Versuchs zur mikrobiellen Laugung im Forschungsbergwerk Reiche Zeche** wird geleitet von Prof. Helmut Mischo, Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage. Der Doktorand Dipl.-Ing. Ralf Schlüter treibt gegenwärtig die Einrichtung eines Versuchsstands voran, mit dem Möglichkeiten der Laugung direkt im universitätseigenen Bergwerk getestet werden können. Dabei werden im Speziellen Technologien zur In-Situ-Gewinnbarkeit des Erzgangs unter Berücksichtigung der Laugungskinetik untersucht. In Verbindung mit TP 1 wurde bereits eine geochemische Analyse durchgeführt (Abb. 3). Die Entnahme einer Großprobe für alle Teilprojekte dient der Versorgung aller Teilprojekte für weitere Untersuchungen. Es wurden umfangreiche Baumaßnahmen am Versuchsort unter Tage realisiert, nachdem man zuvor die entsprechenden Genehmigungen vom Sächsischen Oberbergamt eingeholt hatte.



Abb. 3: Probenahme im Bereich eines polymetallischen Sulfidzergangs der sogenannten »kb-Formation«, Wilhelm Stehender Nord, Reiche Zeche, 10 m unter dem Niveau der 1. Sohle (Versuchsstand des BHMZ in der Reichen Zeche)

Im Fokus des **TP 3 – Selektive Gewinnung aus und Charakteristik von Tailings/Halden** stehen unter der Leitung von Prof. Carsten Drebenstedt bzw. Dr. Nils Hoth, Professur Bergbau/ Tagebau, sekundäre Lagerstätten und Wässer des Altbergbaus. Die Doktorandinnen Dipl.-Geoökol. Maria Ussath und Dipl.-

Ing. Corinne Wendler bestimmen mithilfe einer *Handheld*-RFA (Röntgenfluoreszenzanalyse) Indium-Gehalte in relevanten Mineralphasen, u. a. an Proben aus der Reichen Zeche. Im Kontakt zu einer Explorationsfirma konnten in der Grube Pöhla erhöhte Indium-Gehalte nachgewiesen werden, mit einem tieferen Verständnis der Indium-Verteilung in relevanten Mineralphasen. Außerdem wurden Proben aus alten Tailingkörpern mittels *Handheld*-RFA und sequenzieller Extraktion untersucht, um die Mobilität von Spurenelementen in Haldenkörpern zu charakterisieren.

Das **TP 4 – Laugungskinetik synthetischer und natürlicher Blei-Zink-Erze und Erzminerale** ist bei der Professur für Mineralogie, Prof. Gerhard Heide, angesiedelt und wird von Frau Dipl.-Geoökol. Judith Heinrich bearbeitet. Im Rahmen dieses Projekts synthetisiert man derzeit reinen Sphalerit mittels einer Festkörperreaktion. In einem anschließenden Schritt wird dotierter Sphalerit hergestellt, wobei zur Dotierung neben Indium auch weitere Wertkomponenten wie Germanium, Silber, Kupfer und Mangan, aber auch toxische Elemente wie Arsen, Cadmium und Thallium verwendet werden. Ziel dieser Versuche ist die Synthese eines Referenzmaterials, das als Vergleichssubstanz zum inhomogenen natürlichen Sphalerit zur Konditionierung der abiotischen, insbesondere aber der biologischen Laugung eingesetzt werden kann.

Im **TP 5 – Geochemische Spurenelementanalytik komplexer Proben** stehen unter Leitung von Prof. Jörg Matschullat bzw. Dr. Alexander Plessow, Professur für Geochemie und Geoökologie, analytische Fragestellungen im Vordergrund. Die Doktorandinnen in dem Projekt sind M. Sc. Christine Pilz und M. Sc. Stephanie Uhlig. Gegenwärtig wird die Charakterisierung erzthaltiger Probematerialien systematisch optimiert. Dazu werden bekannte Aufschluss- und etablierte Analysemethoden (ICP-MS, ICP-OES, WD-RFA [Wellenlängendispersive RFA], TRFA [Totalreflexions-RFA] etc.) angepasst. Eine umfassende Qualitätssicherung ist integrierter Bestandteil der Arbeiten.

Im **TP 6 – Mikrobielle Laugung von Spurenelemente und Mikrominerale enthaltendem Sphalerit** geht es unter Leitung von Prof. Michael Schlömann und Dr. Simone Schopf, Professur für Umweltmikrobiologie, um mikrobiologische Aspekte der Laugung. Die Doktorandin in diesem Projekt, Dipl.-Nat. Nadja Gelhaar, hat nach Etablierung der Laugung mit synthetischem Sphalerit und bakteriellen Reinkulturen Versuche mit natürlichem Sphalerit vorgenommen. Eine Indium-Freisetzung wurde beobachtet. Interessanterweise scheint es bei hohen Feststoff-Konzentrationen wieder zu Ausfällungen von Indium zu kommen.

Beim **TP 7 – Design neuer In-/Ge-Liganden – Computerchemische Analyse und Optimierung ihrer Eignung als Chelatoren** geht es unter Leitung von Prof. Gerrit Schüürmann, Professur für Theoretische und Ökologische Chemie, bei dem vom Kolleg finanzierten Doktoranden Ramamoorthi Balajanganahalli Kasinathan wie auch bei Dominik Wondrousch darum, möglichst selektive Chelatbildner für Indium und Germanium auf der Basis quantenchemischer Rechnungen mittels der Dichtefunktionaltheorie zu entwerfen, im Sinne der Gewinnung der Spurenelemente (trotz des großen Gehalts an anderen Elementen) aus der wässrigen Phase. An Modellkomplexen der Ionen In^{3+} , Ge^{4+} und Zn^{2+} wurde gefunden, dass harte Liganden (N, O) im Vergleich zu sog. »weichen« (P, S) stabilere Komplexe bilden.

Das **TP 8 – Design, Synthese und Komplexeigenschaften von neuen Indium/Germanium Liganden** hat den Entwurf, die Herstellung, Charakterisierung und Erprobung maß-

geschneiderter Chelatbildner für die genannten Metallionen zum Inhalt. Basierend auf bereits bekannten komplexbildenden funktionellen Gruppen werden über gezielte Strukturvariation der Molekülgerüste neuartige Liganden mit möglichst optimaler Anpassung an die Reaktivitätsmuster der Zielmetalle sowie an die bei deren Extraktion zu wählenden äußeren Bedingungen designt. Unter der Leitung von Prof. Monika Mazik und Dr. Rolf Pollex führt M. Sc. Mathias Schulze mit Unterstützung von Dipl.-Chem. Manuel Stapf die Versuche am Institut für Organische Chemie aus.

Im **TP 9 – Entwicklung eines membranbasierten Trenn- und Anreicherungsverfahrens zur selektiven Metallgewinnung aus Laugungslösungen** geht es um die Abtrennung der beiden Zielelemente Indium und Germanium von einem starken Hintergrund anderer Elemente mittels Membranverfahren in einem hybriden Trennprozess. Unter Leitung von Prof. Jens-Uwe Repke und Dr. Roland Haseneder, Professur für Thermische Verfahrenstechnik, wurde von der Doktorandin Dipl.-Geoökol./Dipl.-Ing. Arite Werner bei einem Membranscreening gezeigt, dass prinzipiell eine selektive Abtrennung von Indium und Germanium mit Nanofiltrationsmembranen möglich ist. Im nächsten Schritt wird die Auswirkung der hochkonzentrierten Begleitkomponenten auf das Trennverhalten untersucht.

In **TP 10 – Komplexbildung, Hydrolyse und Fällung von Indium und Germanium unter den Bedingungen der Biolaugung** geht es unter Leitung von Prof. Gero Frisch, Professur für Anorganische Ressourcenchemie, darum, das chemische Verhalten und die Löslichkeit der Zielelemente (bspw. in Gegenwart verschiedener Schwefelspezies) auch im Hinblick auf eine Parameteroptimierung in TP 9, 11 und 12 zu analysieren. Die Doktorandin im Projekt, M. Chem. Charlotte Ashworth, hat hierzu bereits erste Ergebnisse, die auf einer spektrophotometrischen Speziationsanalyse basieren, und die auch durch die Resultate von Modellierungen aus TP 7 gestützt wurden, erzielt. Der Einfluss von Sulfat, Chlorid und des pH-Werts auf die Indium-Komplexierung wurde untersucht und mit den in den Elektrolysereaktionen ablaufenden Redoxreaktionsschritten korreliert.

Das **TP 11** umfasst die **Metallgewinnung aus komplexen polymetallhaltigen Systemen** unter Leitung von Prof. Martin Bertau und Dr. Peter Fröhlich vom Institut für Technische Chemie. Dafür werden verschiedene chemische Trennmethoden getestet, wobei der Schwerpunkt auf der Reaktivseparation liegt. Im Rahmen seiner Promotion führt Dipl.-Ing. Radek Vostal dazu Extraktionsversuche sowohl mit kommerziell erhältlichen als auch mit im Rahmen des TP 8 eigens synthetisierten Chelatbildnern unter praxisnahen Bedingungen durch. Dabei wurden aus schwefelsaurer Laugungslösung über 98% des Indiums aus der wässrigen Phase extrahiert. Derzeit wird das Verfahren aus dem Labormaßstab auf eine 20-Liter-Mixer-Settler-Anlage übertragen.

Der letzte Schritt zum reinen Metall, die Elektrolyse, ist Gegenstand von **TP 12 – Hydrometallurgie von Indium und Germanium** unter Leitung von Prof. Michael Stelter und Dr. Hartmut Bombach, Professur für Nichteisenmetallurgie und Reinststoffe. Der in das Projekt eingebundene Doktorand Dipl.-Ing. Simon Sperlich beobachtete u. a., dass schon geringe Mengen an Chlorid für die Gewinnungselektrolyse von Indium in schwefelsaurer Lösung oder auch in anderen Elektrolyten recht förderlich sind. Speziell die selektive Gewinnung von Indium bei der Elektrolyse ist ein wesentliches Ziel dieses Teilprojekts.

Potenzielle Endpunkte in der Prozesskette sind neben reinem Indium oder Germanium auch **Germanium-Silicium-hal-**

tige Hybridmaterialien, die Gegenstand der Untersuchungen in **TP 13** sind. Unter Leitung von Prof. Hermann Ehrlich, Professur für Biomineralogie und extreme Biomimetik, untersucht die Doktorandin Dipl.-Nat. Sabine Kaiser den Einbau von Germaniumionen bzw. Germaniumverbindungen in die silikatische Matrix von Süßwasserschwämmen und Kieselalgen. Über den Einsatz einer biomimetischen Methode könnte es gelingen, die geringen Konzentrationen von Germanium in Wasser bzw. Abwasser zu nutzen, um lumineszierende Halbleitermaterialien zu erzeugen (Verbindung zu TP3 – Nutzung von Wässern des Altbergbaus).

Struktur, Rahmenbedingungen und Lehre im BHMZ

Sprecher des BHMZ ist Prof. Michael Schlömann. Beschlüsse über finanzielle und organisatorische Fragen werden von einem Vorstand gefasst, dem neben dem Sprecher auch die Professoren Gerhard Heide (Mineralogie), Jens-Uwe Repke (Thermische Verfahrenstechnik) und Helmut Mischo (Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage) angehören. Die tägliche organisatorische Arbeit erledigt Dr. Simone Schopf als Koordinatorin – zusammen mit der Sekretärin des Instituts für Biowissenschaften, Monique Leibelt.

Um Erfahrungen und Wünsche aus der Praxis in die Arbeit des Kollegs einfließen zu lassen, wurde von Beginn an ein Beirat gebildet, dem neben Repräsentanten des Oberbergamts, der IHK Chemnitz und des Helmholtz-Instituts Freiberg auch solche der folgenden Firmen angehören: Bauer Umwelt Roßwein, Beak Consultants Freiberg, B.R.A.I.N. Zwingenberg, Erz & Stein Bobritzsch, G.E.O.S. Freiberg, GUB Chemnitz, Kupferschiefer Lausitz Spremberg, Loser Chemie Langenweißbach und Nickelhütte Aue.

Die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung ermöglicht nicht nur eine adäquate Bezahlung der Doktoranden und die Bereitstellung von Verbrauchsmitteln, sie sorgt auch für ansonsten beste Arbeitsmöglichkeiten. Insbesondere stellt sie in erheblichem Maße auch Mittel für die Beschaffung der für das Projekt notwendigen Geräte bereit. Beispiele sind die Ausstattung des Versuchstands in der Reichen Zeche, Bioreaktoren für die Umweltmikrobiologie (Abb. 4), ein Ionenchromatograph für die Thermische Verfahrenstechnik, ein Fluoreszenzspektrometer für die Organische Chemie, ein Spektralphotometer für die Anorganische Ressourcenchemie, eine Dekantierzentrifuge für die Technische Chemie oder ein Fluoreszenz-Auflichtmikroskop für die Biomineralogie. Darüber hinaus stehen Mittel zur Teilnahme an Konferenzen sowie zur Einladung von Wissenschaftlern – auch aus dem Ausland – nach Freiberg zur Verfügung.

Im Kolleg finden mindestens monatlich Treffen statt, bei denen die Doktoranden über ihre Arbeitsfortschritte berichten. Die Trefforte waren anfangs die beteiligten Institute, wobei auch die jeweils dort installierte apparative Infrastruktur erläutert wurde. Seit einigen Monaten finden die Treffen im Krüger-Haus statt. Zudem wurden Vorträge von Professoren des Kollegs, anderer Professoren der Bergakademie oder von Kollegen des Helmholtz-Instituts Freiberg gehalten. Auswärtige Gäste waren bisher Prof. Hans-Jörg Bart von der TU Kaiserslautern, der einen Vortrag zum Thema »Reaktive Separation in der Verfahrenstechnik« hielt, und Dr. Roberto Bobadilla aus Santiago de Chile (Forschungsleiter der Firma Biosigma). Des Weiteren stellte Prof. Christiane Scharf von der Abteilung Metallurgie und Recycling des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) Konzepte zum metallurgischen Recycling von

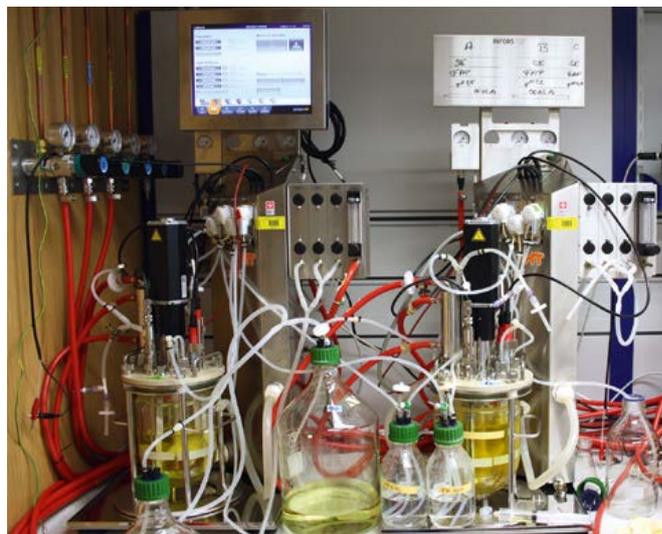


Abb. 4: Bioreaktoren mit umfangreicher Ausstattung zur Untersuchung von mikrobiellen Laugungsprozessen unter kontrollierten Bedingungen

Seltenerd-Metallen vor. Prof. Gerhard Roewer und Prof. Gero Frisch hielten Vorträge zur (wässrigen) Chemie von Germanium bzw. Indium, und Prof. Hermann Heilmeyer referierte über das Phytomining auf Germanium.

Das Programm sieht auch mit Exkursionen verbundene Workshops in Gegenwart des Beirats vor. Eine erste zweitägige Exkursion fand im März 2014 statt. Hierbei erhielten die mitgereisten Doktoranden, Professoren und Wissenschaftlichen Mitarbeiter sowie Beiratsmitglieder interessante Einblicke in die Prozessabläufe der Nickelhütte Aue, in das Flussspat- und Schwerspat-Bergwerk Niederschlag, in die Mineraliensammlung der Wismut in Hartenstein sowie in das Besucherbergwerk Zinnkammern in Pöhl.

Ab Februar/März 2015 sollen schließlich insgesamt vier Blockkurse für die Doktoranden angeboten werden: 1) zu geochemischen und mineralogischen Methoden, 2) zur Mikrobiologie und Verfahrenstechnik, 3) zur Gewinnung von Metallen aus der wässrigen Phase und 4) zu bildgebenden Methoden.

Das BHMZ als Ausgangspunkt weiterer Projekte

Die Diskussionen zur Beantragung und zum Aufbau des BHMZ führten dazu, dass sich die Kollegen besser kennenlernen und nun besser einschätzen können, an welchen zukünftigen Projekten mit Bezug zur Biohydrometallurgie auch andere Partner möglicherweise interessiert sein könnten. Zudem ergaben sich in diesem Zusammenhang zusätzliche Firmenkontakte, und es wurde ein insgesamt deutlicherer Bekanntheitsgrad der beschriebenen Arbeitsrichtung erreicht. Aus all diesen Faktoren resultierten weitere Projekte zur Biohydrometallurgie als Technologie der Metallgewinnung – zusätzlich zu den schon über längere Zeit bearbeiteten biohydrometallurgischen Projekten zur Reinigung von Bergbau-Wässern:

Seit 1. Februar 2014 wird unter Koordination des Helmholtz-Instituts Freiberg und – auf deutscher Seite – mit Beteiligung der Firmen B.R.A.I.N., UVR-FIA, G.E.O.S., KGHM Weißwasser, Aurubis und der Neuen Mansfelder Bergwerkschaft sowie der Universität Halle-Wittenberg, der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie das deutsch-französische BMBF-ANR-Projekt Ecometals bearbeitet. Koordinator auf französischer Seite ist das BRGM (*Bureau de Recherches Géologiques et*



Thomas Seifert, 01/2014



Thomas Seifert, 01/2014



Ralf Schütler, 10/2014

Links und rechts oben: Vorbereitungsmaßnahmen zur Großprobensprengung im Erzgang Wilhelm Stehender Nord, 1. Sohle (Dipl.-Ing. Ralf Schütler mit Angestellten des Grubenbetriebs des FLB). Rechts unten: Röntgenfluoreszenzanalyse im geplanten untertägigen Versuchsort, durchgeführt von Teilprojekt 3 (Dr. Nils Hoth, Dipl.-Geoökol. Maria Ussath)

Minières) in Orleans. Wichtiger Firmenpartner ist zudem KGHM aus Lubin (Polen). Ziel ist die Entwicklung von Verfahren zur mikrobiellen Laugung von Kupferschiefer.

Ab Januar 2015 wird im Rahmen der r4-Initiative des BMBF ein Projekt zur mikrobiellen Laugung von Theisen-Schlamm, eines Restschlammes aus der Kupfergewinnung mit einem hohen Anteil interessanter Elemente, bearbeitet. Koordinator ist das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig. Weitere Partner sind Adelphi, B.R.A.I.N, Nickelhütte Aue, G.E.O.S. und das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie.

Eine Nachwuchsforschergruppe wird sich, ebenfalls im Rahmen des r4-Programms, dem Problemkreis widmen, inwieweit Siderophore (also biologisch produzierte Chelatbildner) zur Gewinnung von Elementen aus Laugungswässern genutzt werden können. Hier wird die biologische Komponente also dafür eingesetzt, die Metallionen aus der wässrigen Lösung möglichst selektiv wieder herauszuholen. Bei diesem Projekt wird die Umweltmikrobiologie insbesondere mit der Professur für Organische Chemie zusammenarbeiten.

Seit Oktober läuft ein WTZ-Definitionsprojekt, das zum Ziel hat, ein internationales r4-Projekt gemeinsam mit chilenischen Partnern zu erarbeiten. Hierbei wirken auf deutscher Seite außer auf dem Feld der Umweltmikrobiologie engagierten Wissenschaftlern auch die Professuren für Mineralogie, für Thermische Verfahrenstechnik und für Anorganische Ressourcenchemie mit – sowie aus dem Beirat die Firmen G.E.O.S., Erz & Stein und dazu noch die Firma UIT aus Dresden, ferner Kollegen von der Universität Duisburg-Essen.

Zusätzlich läuft derzeit ein WTZ-Projekt in Kooperation mit dem Gorny-Institut St. Petersburg (Projektleiter Prof. G. Heide), bei dem es zunächst um die Erarbeitung eines Arbeitsprojekts

geht, das u. a. auch die Laugung von nickelhaltigen Mineralen im Ural zum Ziel haben soll.

Schließlich wurden und werden mehrere kleinere Projekte zur mikrobiellen Erzlaugung mit vorwiegend in der Region ansässigen Firmen angeschoben. Im Übrigen hat der Aufbau des BHMZ auch zu Anfragen aus dem Ausland geführt – sei es zu Kooperationen (Italien) oder zu Postdoc-Tätigkeiten (Iran).

Fazit und Dank

Insgesamt kann man feststellen, dass sich das BHMZ sehr dynamisch entwickelt sowie Forschung und Lehre der Bergakademie im Bereich der Biohydrometallurgie deutlich beflügelt hat. Forschungsaktivitäten zur mikrobiellen Erzlaugung mit großer internationaler Anerkennung gibt es in Deutschland auch an der Universität Duisburg Essen (Gruppe von Prof. Wolfgang Sand) sowie an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Gruppe von Prof. Axel Schippers). In der in Freiberg realisierten Form unter Einbezug der gesamten Prozesskette – von der Lagerstätte bis zum reinen Metall – ist das Projekt jedoch deutschlandweit einmalig. Dies gilt insbesondere auch, wenn man die Zusammenarbeit mit dem universitätseigenen Bergwerk und die vielfältigen Verknüpfungen mit Forschungsinstituten in der Region (Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig) sowie mit diversen Firmen berücksichtigt. Ohne Zweifel wird mit dem BHMZ ein wesentlicher Beitrag zur Ausformung des Ressourcenprofils der Bergakademie geleistet.

Die beteiligten Doktoranden, Wissenschaftlichen Mitarbeiter und Professoren sind der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung außerordentlich dankbar dafür, dass sie den Aufbau des BHMZ so großzügig unterstützt.



Abb. 1: Übertageanlagen des Forschungs- und Lehrbergwerks der Bergakademie (Reiche Zeche)

Das Forschungs- und Lehrbergwerk (FLB) der TU Bergakademie Freiberg

Helmut Mischo

Einleitung

Das Forschungs- und Lehrbergwerk (FLB) der TU Bergakademie Freiberg mit den Schachtanlagen »Reiche Zeche« und »Alte Elisabeth« ist eine zentrale Einrichtung der Ressourcenuniversität. Es befindet sich am nordöstlichen Stadtrand unserer Universitätsstadt. Seit der Stadtgründung ist Freiberg vom Bergbau geprägt, der hier ab der 2. Hälfte des 12. Jahrhunderts einsetzte. Die älteste urkundliche Erwähnung der Reichen Zeche selbst stammt aus dem Jahr 1384. Seit Aufnahme des Lehrbetriebs an der Bergakademie 1765 galt die Bergwerksanlage stets als Ausbildungsort für den bergmännischen Nachwuchs. Mit der planmäßigen Einstellung des Silberbergbaus 1913 und erneut mit der endgültigen Stilllegung des aktiven Gewinnungsbergbaus 1969 erlangte das Areal in den letzten 100 Jahren als Lehrgrube und Forschungsstandort Bedeutung. Seit 1992 wird das Forschungs- und Lehrbergwerk, das aus den einstigen Silbergruben Reiche Zeche und Alte Elisabeth hervorgegangen ist, auch als Besucher-

bergwerk genutzt. Mit den Unter- und Übertageanlagen, den technischen Ausrüstungen und Sachzeugen präsentiert sich die Schachtanlage den Besuchern aus aller Welt als eines der letzten untertägigen Silberbergwerke in Europa. Die TU Bergakademie Freiberg ist heute deutschlandweit die einzige Hochschule, die ein intaktes Bergwerk für Forschungs- und Lehrzwecke betreibt.

Situation und aktueller Zustand

Das FLB verfügt über das wissenschaftlich-technische Personal zum Betreiben und zum Unterhalt des Bergwerks nach den im Freistaat Sachsen gültigen rechtlichen Bedingungen und ist nach §129 BBergG und §8 BBergG sowie der Besuchergrubenverordnung sowohl als Gewinnungsbetrieb, als Forschungsbergwerk als auch als Besuchergrube genehmigt. Die Leitung liegt in den Händen eines wissenschaftlichen Direktors sowie eines Verantwortlichen für den Grubenbetrieb. Zum Stammpersonal gehören fünf Bergleute; je nach Aufgabe werden externe Fachkräfte hinzugezo-

gen. Für die notwendige Sicherheit sorgt eine Grubenwehr. Beginnend mit Untersuchungen zur Geologie von Ganglagerstätten und zur Mineralisation in über 20 Erzgängen bis hin zu Streckenauffahrungen, Grubensicherung und Rohstoffgewinnung können durch die Belegschaft alle Arbeiten eines Bergbaubetriebs ausgeführt werden.

Zum Bergwerk gehören die Tagesanlagen Reiche Zeche und Alte Elisabeth mit den zugehörigen Schachtgebäuden, Fördermaschinen, Fördereinrichtungen, Kauen und Werkstätten. Die Mehrzahl der übertägigen Gebäude und die zahlreichen technischen Einrichtungen unterliegen dem Denkmalschutz. Untertage befindet sich eine Vielzahl modernster Forschungs- und Versuchseinrichtungen.

Das Forschungs- und Lehrbergwerk umfasst in seinem Grubengebäude, das im Zentralteil der ehemaligen Freiburger Himmelfahrt Fundgrube liegt, zirka 19 Kilometer befahrbare horizontale Strecken auf fünf Sohlenebenen. Es sind dies, beginnend von oben: Röschensohle, Stollensohle, 1., 2. und 3. Sohle. Das Grubengebäude ist durch zwei alte Tageschächte erschlossen, den senkrechten (saigeren) Hauptschacht Reiche Zeche und den geneigt (tonnläufig) geführten Frischwetter- und Fluchtschacht Alte Elisabeth.

Zurzeit wird hauptsächlich die erste Sohle sowohl technisch als auch für Forschung und Lehre genutzt. Die tieferen Bereiche kommen vor allem als zukünftiges Forschungsareal in Betracht. Da die Grubenbaue unterhalb des Entwässerungsstollens Rothschönberger Stollen nach der Einstellung des Gewinnungsbergbaus im Jahr 1969 geflutet wurden, steht hier ein großes Reservoir an Grubenwasser zur Forschung und Nutzung zur Verfügung.

Derzeitige Nutzung

Forschung, Lehre und Bildung sind die aktuellen Hauptaufgaben des FLB. Dabei stehen die Rohstoffforschung, die Energiesicherung, neue Materialien und die Grundlagenforschung im Fokus der Wissenschaftler. Hauptnutzer des FLB sind Institute der TU Bergakademie Freiberg. Vier davon – Bergbau und Spezialtiefbau, Markscheidewesen und Geodäsie, Geologie sowie Mineralogie – befinden sich schon länger vor Ort und arbeiten durch den so engen Praxisbezug sehr erfolgreich. Forscher aus den Fachgebieten Chemie, Aufbereitungstechnik und Verfahrenstechnik haben sich in den vergangenen Jahren integriert. Jüngstes Projekt, das auch in der internationalen Fachwelt große Aufmerksamkeit fand, ist das Biohydrometallurgische Zentrum für strategische Elemente (BHMZ). Es nahm im Mai 2013 als 2. Krüger-Forschungskolleg seine Arbeit auf und widmet sich der biotechnologischen Gewinnung von Metallen aus Erzen, Halden und Recyclingmaterial. Im Fokus stehen die Elemente Indium und Germanium, die einst in Freiberg entdeckt wurden. Dieses aktuelle Beispiel für Biobergbau-Forschung verkörpert besonders deutlich, wie dicht Tradition und Innovation im Bergbau zusammenliegen und noch immer ein großes Zukunftspotenzial in sich bergen.

Das FLB kann auf umfangreiche Forschungsvorhaben mit Praxispartnern diverser Wissenschaftsgebiete verweisen. Es steht nicht nur Unternehmen und Institutionen, sondern auch allen deutschen Hochschulen sowie ausländischen Partnerhochschulen im Rahmen der gegebenen Nutzungsmöglichkeiten zur Verfügung. Zu ihnen zählen heute unter anderem die TU München und die Hochschule Krakau, Polen. Als wichtigster externer Forschungspartner ist die Helmholtz Gemeinschaft Deutsche Forschungszentren mit in die Nutzung der Reichen Zeche eingebunden. So un-

terhält auch das Geoforschungszentrum (GFZ) Potsdam zum Beispiel seit mehreren Jahren einen Versuchsstand auf der ersten Sohle. Im vergangenen Jahr wurde die Anlage durch geeignete Grubenbaue mittels einer Vertikalbohrung erweitert und ein neuer Versuchsstand eingerichtet.

Die einzigartigen Versuchsmöglichkeiten haben auch das Interesse von Forschungspartnern aus dem europäischen Ausland auf das FLB gelenkt: Seit Anfang 2014 ist das Projekt *Blue Mining* im 7. EU-Rahmenprogramm, das sich mit Fragestellungen des Tiefseebergbaus auseinandersetzt, mit 16 Partnern aus sieben Ländern auf dem Bergwerk vertreten; entsprechende Versuchsstände werden zurzeit erstellt.

Zu den bereits erfolgreich laufenden Projekten gehört die Nutzung des Grubengebäudes für den Versuchs- und Forschungsbetrieb an der Geothermieanlage des Schlosses Freudenstein. Positive Erfahrungen haben in den vergangenen Jahren zum Einbau weiterer Geothermieanlagen im Schacht Reiche Zeche zur Selbstversorgung des Standorts und seit 2014 einer weiteren Anlage im Schacht Alte Elisabeth zur Versorgung des Freiburger Krankenhauses geführt. Mit Luft aus den Grubenbauen der Himmelfahrt Fundgrube wird seit vielen Jahren das Freiburger Krankenhaus klimatisiert. Rund 1.000 Kubikmeter Frischluft pro Minute werden durch den Hauptstollen geleitet und in die Klimaanlage des Krankenhauses eingespeist. Auf dem rund 2,7 Kilometer langen Weg nehmen die Wetter eine Temperatur von ca. 10 Grad Celsius und eine relative Luftfeuchte von fast 100 Prozent an. Wird diese von Staub, Abgasen und Pollen freie Luft auf 21 Grad erwärmt, erreicht sie eine relative Luftfeuchte von etwa 50 Prozent, wie es für OP-Säle und Patientenzimmer gefordert wird. Der große Vorteil besteht darin, dass die Wetter das ganze Jahr über in der gleichen Qualität verfügbar sind – ein Vorteil, der sich auch für andere Anwendungen nutzen ließe.

Ein Ergebnis interdisziplinärer Spitzenforschung verkörpert das Schockwellen-Labor der Institute für Mineralogie und Anorganische Chemie der TU Bergakademie Freiberg, hervorgegangen aus dem 1. Krüger-Forschungskolleg. Mit seinem Sprengraum ist es die weltweit größte Anlage dieser Art, die an einer Universität betrieben wird. In dem sechs mal sechs Meter großen und über fünf Meter hohen Sprengraum können bis zu

20 Kilogramm hochbrisanten Sprengstoffs pro Experiment in einer Zündstufe gezündet werden. Damit können Drücke von über 30 Gigapascal für Materialsynthesen erreicht werden. Die Druckwellen lösen bei den eingesetzten Proben Umwandlungsprozesse aus, die für die Herstellung neuer, besonders fester Materialien entscheidend sind. Der Sprengraum in 150 Meter Tiefe wurde zwischen 2010 und 2011 von den Mitarbeitern des Forschungs- und Lehrbergwerkes erschlossen und ausgebaut. Dazu gehören ein gesonderter Mess- und Kontrollraum sowie ein direkter Anschluss an die Grubenbahn.

Ein weiterer wichtiger Aspekt neben der Nutzung als Forschungs- und Lehrbergwerk ist im Zuge der Gefahrenabwehr und des Hochwasserschutzes der gesamten ehemaligen Bergbaubereiche Freiberg, Halsbrücke und Brand-Erbisdorf der zentrale Zugang zum Rothschönberger Stollen über den Schacht Reiche Zeche. Hierzu wurde im Jahr 2012 eine Fahrkorbanlage zwischen erster und Rothschönberger Stollensohle in Betrieb genommen. Zugleich finden in diesem Bereich aktuelle Hydrothermie-Forschungen statt. Diese Kombination aus der Verfügbarkeit eines dreidimensionalen Grubenraums und einer funktionsfähigen Bergbauinfrastruktur, zusammen mit den technischen, infrastrukturellen und wissenschaftlichen Möglichkeiten einer technischen Universität, bietet für die Zukunft exzellente Voraussetzungen, nicht nur mit den Kapazitäten am Standort, sondern auch mit anderen Forschungseinrichtungen und Universitäten – sowohl in Deutschland als auch international – zusammenzuarbeiten. Um ein solches Potenzial bestmöglich auszubauen und langfristig zu nutzen, ist es notwendig, durch geeignete organisatorische, strukturelle und infrastrukturelle Maßnahmen das Bergwerk als überregionalen Forschungsstandort weiterzuentwickeln und interessierten Partnern zur Verfügung zu stellen. Dies geschieht bewusst auch vor dem Hintergrund der Umsetzung der nationalen Rohstoffinitiative in Deutschland, der sächsischen Rohstoffinitiative und auch der europäischen *Raw Material Initiative*, die mit der aktuellen Entwicklung *Knowledge and Innovation Community (KIC) für Raw Materials* der europäischen Kommission eine neue Dimension bekommen hat.

Das Forschungs- und Lehrbergwerk Reiche Zeche in einem ehemaligen Ge-

winnungsbetrieb mit direkter räumlicher und struktureller Anbindung an die TU Bergakademie Freiberg ist in dieser Form nicht nur in Europa, sondern weltweit einmalig. Dabei stellt die Möglichkeit, den vorhandenen dreidimensionalen Raum für Versuchszwecke und Untertage labore speziell nach den Ansprüchen der Nutzer aufzufahren, ein Novum dar. Alle Labor- und Forschungsflächen sind frei planbar, vielfältige Raumgrößen und räumliche Anordnungen sind möglich. Und noch einen unschätzbaren Vorteil besitzen die Räume unter Tage: Es handelt sich um moderne, zugangssichere und störungsfreie Anlagen. Sie sind staubfrei und verfügen über eine Klima- und Temperaturkonstanz. Damit können auch außerhalb der direkten Rohstoffforschung Labore, die solche Bedingungen bieten, untertage eingerichtet werden. Parallelen zum Projekt CERN in der Schweiz müssen nicht unbedingt ein Gedankenspiel bleiben.

Geplante Nutzungen

Neue Forschungsprojekte

Mit seinen großmaßstäblich aktiven Forschungseinrichtungen im Bereich der Rohstoffforschung ist das FLB europaweit bereits eine konstante Größe. In einem weiteren Schritt soll es nun auch international gezielt für die Verbesserung von Methoden zur energie- und rohstoffeffizienten und damit nachhaltigen und umweltschonenden Gewinnung von mineralischen Rohstoffen (*Smart Mining*) genutzt werden. Ziel dieser Neuausrichtung ist es, den dreidimensionalen Raum unter Tage mit all seinen Möglichkeiten im Sinne der Forschung und Entwicklung nutzbar zu machen. Bei einem geplanten Ausbau soll dabei die einzigartige Möglichkeit berücksichtigt werden, die Interessen und Bedürfnisse auch von nicht direkt rohstoffbezogenen Forschungsansätzen einzubeziehen und hierfür die notwendigen untertägigen Labore und Versuchsanlagen zu schaffen. Die im Jahresverlauf gleichbleibenden Bedingungen unter Tage, wie beispielsweise Temperatur, Leuchtfeuchtigkeit, Staubfreiheit der Grubenluft, Abschirmung von elektromagnetischen Feldern oder konstanter pH-Wert der Grubenwässer, sind Kriterien, die für eine Vielzahl möglicher Forschungsprojekte von ausgeprägter Relevanz sind.

Neben einem neuen, modernen, weiteren Zugang zum Grubengebäude ist die Auffahrung von zusätzlichen Stre-

cken und Kammern großer räumlicher Ausdehnung im Gebirge geplant. Diese neu zu schaffenden Hohlräume werden darüber hinaus die Infrastruktur des Bergwerks deutlich verbessern und so noch günstigere Bedingungen für die Forschung unter Tage schaffen.

Eine Vielzahl neuer Versuchsorte ist bereits konzipiert und befindet sich teilweise schon in der Planung oder Umsetzung. Dazu zählen solche Vorhaben, wie die Erforschung und Erprobung von Dammbaustoffen in untertägigen Grubenbauen, moderne Verfahren zur Aufbereitung unter Tage, submariner Bergbau *Blue Mining*, Bohr- und Sprengtechnik sowie die zentrale Forschung für die Auslegung von technischen Komponenten für Untertage-Pumpspeicherkraftwerke. Die Versuchsstände zur Nutzung von (Kunst-)Faserseilen unter Tage sowie die In-Situ-Laugung im Rahmen des biohydrometallurgischen Zentrums im 2. Krüger-Kolleg der Bergakademie werden zurzeit erstellt und sollen noch 2014 in Betrieb genommen werden.

An den ausgewählten Beispielen ist zu sehen, dass der Fokus der Forschungsansätze zurzeit noch auf Rohstoffthemen liegt. Doch zukünftig wird sich das Nutzungsspektrum deutlich erweitern. Sowohl Fakultäten und Institute der Bergakademie als auch andere wissenschaftliche Institutionen und Einrichtungen sowie verschiedene Industrie- und Wirtschaftsbetriebe haben ihr Interesse an untertägigen Versuchsorten bekundet beziehungsweise nutzen diese bereits. Hier sehen wir gerade auch für die Forschungsvorhaben mehrerer Institute der Helmholtz-Gemeinschaft ein großes Potenzial.

Zu den bereits genannten Vorteilen des untertägigen Hohlraums kommen noch solche Faktoren wie kontrollierter und streng reglementierter Zugang sowie eine hohe betriebliche und technische Sicherheit hinzu, die gerade diese Räume auch für alternative Nutzungen attraktiv machen. Angedacht ist hier beispielsweise die Anlage eines zentralen sächsischen Rechenzentrums unter Tage. Hierzu wurde durch die Firma IBM Anfang 2013 eine Machbarkeitsstudie erstellt, die zurzeit weiter technisch unterzersetzt wird.

Aufgrund des vorhandenen externen Interesses erscheint es sinnvoll, den geplanten Ausbau des Forschungsbergwerks so zu konzipieren, dass eine einzigartige Einrichtung für den For-

schungsstandort Deutschland entsteht, die eben diese Vielzahl unterschiedlichster Nutzungsvarianten ermöglicht. Um größere Forschungseinrichtungen installieren zu können und das Bergwerk zu einem zentralen deutschen Forschungsstandort zu entwickeln, wäre beispielsweise auch eine Kooperation mit der Helmholtz-Gemeinschaft als attraktive Option denkbar.

Integration der Forschungsaktivitäten in Aufgaben der Lehre und Ausbildung

Ein Forschungs- und Lehrbergwerk lebt von der Korrespondenz und engen Interaktion von Forschung und Lehre. Ziel ist es nicht nur, die Praktika der rohstoffbezogenen Studiengänge auszubauen und verstärkt auf das Bergwerk zu fokussieren, sondern auch in allen Bereichen der akademischen Ausbildung geeignete und notwendige Übungen und ggf. auch Vorlesungen direkt auf der Anlage durchzuführen.

Ein weiterer wichtiger Zweig der zukünftigen Aufgaben ist die Nutzung als zentrale Aus- und Weiterbildungsstätte für Facharbeiter und sonstige Fachkräfte der deutschen und internationalen Rohstoffindustrie. Hierzu wird seit 2014 auch auf dem FLB der Beruf des Berg- und Maschinenmannes wieder ausgebildet.

Ausbau der touristischen Nutzung

Das Forschungs- und Lehrbergwerk Reiche Zeche ist durch die touristische Nutzung mit bisher rund 22.000 Besuchern ein wichtiger Bestandteil der lokalen und regionalen Außenwerbung des Ressourcenstandorts Freiberg und zugleich auch Sympathieträger für die Bürger der Stadt und der Region Erzgebirge. Zurzeit finden technische Modernisierungsarbeiten im Bergwerk statt. Durch Schaffung eines neuen, modernen und technisch nutzbaren Zugangs nach unter Tage wird mittel- und langfristig die klare räumliche Trennung von Lehre/Forschung und Besucherverkehr möglich sein.

Nötige Infrastrukturmaßnahmen

Über Jahrzehnte haben sich nicht nur die touristischen, sondern auch die Lehr- und Forschungsaktivitäten auf das Niveau der 1. Sohle konzentriert. Seit 2012 konnten mit der Inbetriebnahme der Fahrkorbanlage bis zum 80 m tiefer liegenden Niveau Rothschnöberger Stollen auch die tieferliegenden Sohlen entsprechend angeschlossen werden.

In Abb. 2 sind die Entwicklungsareale für ein neues Forschungs- und Lehrbergwerk dargestellt. Hier stehen auf einer Fläche von über vier Quadratkilometern und bis zu einer Teufenlage von 230 m unter Geländeoberkante mehrere große und geologisch stabile Entwicklungsareale zur Verfügung. Um bei Einbindung bestehender Strukturen eine möglichst zeitnahe Umsetzung zur ermöglichen, bietet sich der Block »Reiche Zeche – Nord« als erstes Ausbaufeld an. Damit diese Entwicklungspotenziale voll ausschöpft werden können, ist eine Reihe von technischen Maßnahmen notwendig, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

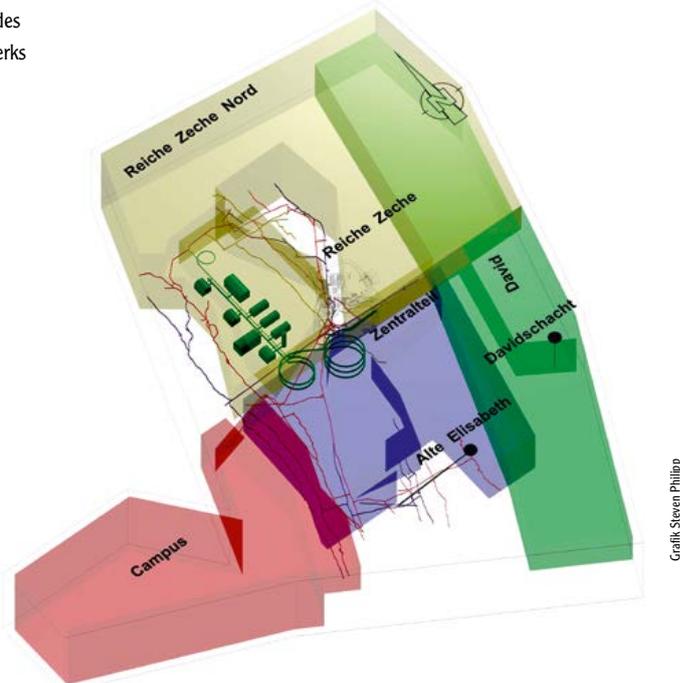
Um das Bergwerk zu einem zentralen Deutschen Forschungsstandort zu entwickeln, ist insbesondere der Bereich zwischen 1. und 3. Sohle von Interesse (siehe hierzu auch Abb. 3 mit der Darstellung des Bereichs der 3. Sohle). Zur Schaffung von Versuchsarealen sind Hohlräume in Form von Kammern und Strecken ausreichender Größe herzustellen. Theoretisch sind Versuchskammergrößen mit einem Rauminhalt von über 10.000 m³ denkbar und technisch möglich. Auf Basis bergmännischer Erfahrungswerte und unter Berücksichtigung von aktuellen Erstellungskosten lokaler Bergbauprojekte in vergleichbaren geologischen Formationen ist mit Bau- und technischen Installationskosten zu rechnen, die deutlich unter den Baukosten vergleichbarer übertägiger Anlagen liegen.

Dabei sind auch vertikale Verbindungen und Versuchskammern fast beliebiger Form möglich (bergmännisch als Blindschächte, Überhauen oder Schrägstrecken bezeichnet). Erforderlich hierfür sind stets ausreichende Querschnitte in den Zugangstrecken und eine neue Rampe, um auch große Versuchseinrichtungen nach unter Tage bringen zu können. Auslegungsgroße für die Geometrie der Strecken ist dabei ein straßengängiger Standard-Sattelzug.

Zur Auffahrung solcher und ähnlicher Hohlräume als Versuchskammern und Forschungslabore sind folgende Voraussetzungen zu schaffen:

- Erweiterung des Grubengebäudes und Erschließung bisher nicht genutzter Areale
- Schaffung eines neuen Zugangs, der heutigen, modernen Ansprüchen genügt
- Schaffung der notwendigen rechtlichen Strukturen für die Nutzung des Bergwerks als zentralen Forschungsstandort (intern/extern)

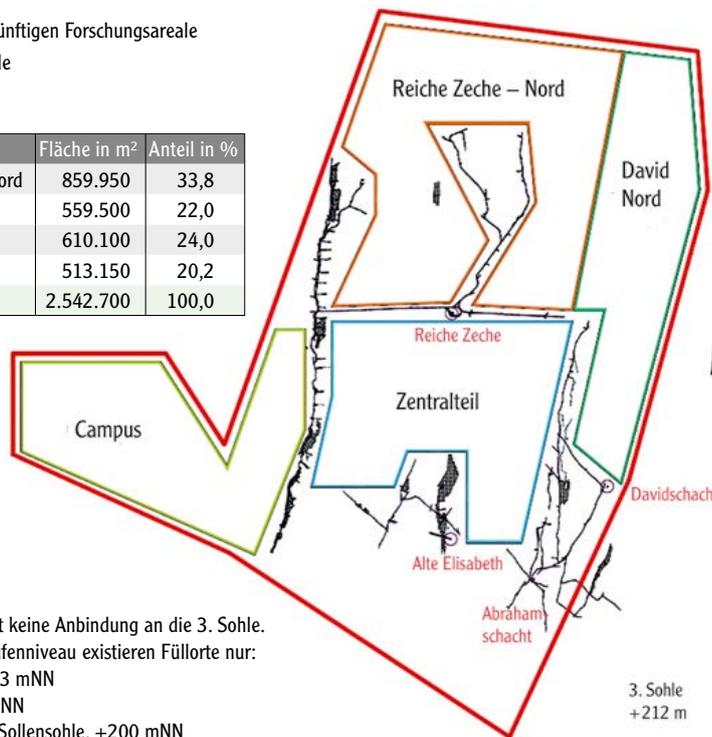
Abb. 2: Entwicklungsareale des Forschungs- und Lehrbergwerks



Grafik Steven Philipp

Abb. 3: Lage der zukünftigen Forschungsareale im Grubenriss 3. Sohle

Grubenfeld	Fläche in m ²	Anteil in %
Reiche Zeche Nord	859.950	33,8
Campus	559.500	22,0
Zentralteil	610.100	24,0
David	513.150	20,2
Summe	2.542.700	100,0



Grafik Klaus Grund

Davidsschacht besitzt keine Anbindung an die 3. Sohle. Im zugänglichen Teufenniveau existieren Füllorte nur:
 – Stollensohle, +333 mNN
 – 2. Sohle, +254 mNN
 – Rothsönberger Sollensohle, +200 mNN

3. Sohle +212 m

• Weitere kontinuierliche Erneuerung der technischen und technologischen Ausstattung des Betriebs nach modernsten Gesichtspunkten

• Gewährleistung der Grubensicherheit, Ausrüstung und der Rettungsbereitschaft auch für Großforschungsanlagen

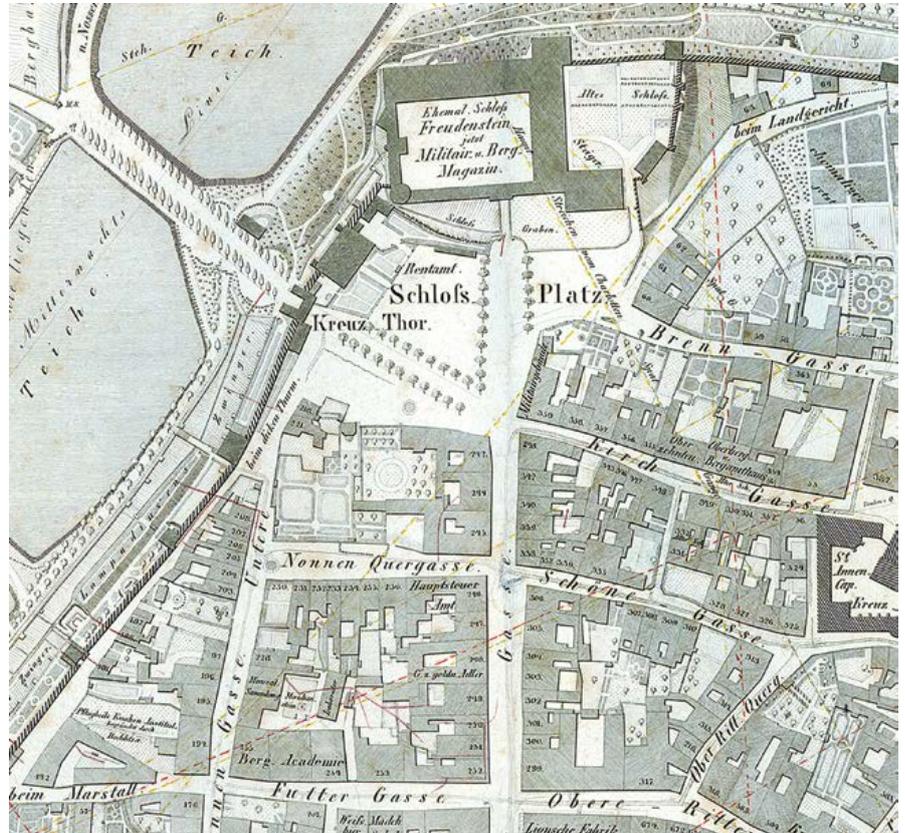
Die Schaffung eines neuen und funktionalen Tageszugangs ist dabei die Grundlage und zwingende Voraussetzung für das zukünftige moderne Forschungs- und Lehrbergwerk. Nach detaillierter Auswertung und dem Vergleich verschiedener Zugangsvarianten und Entscheidungs-

kriterien sowohl nach technischen als auch ökonomischen Gesichtspunkten bezüglich der Investitionen und Erstellungskosten als auch der Betriebs- und Unterhaltungskosten gibt es eine eindeutige Vorzugsvariante: die Auffahrung einer neuen Rampe mit einem lichten Querschnitt von 26 Quadratmetern zum neuen Entwicklungsfeld vom Standort Reiche Zeche aus. Damit wäre es dann erstmals möglich, direkt mit großen Einheiten und Versuchseinrichtungen bis zu einer Größe von Lkw-Sattelaufliegern nach unter Tage zu fahren.

250 Jahre bauliche Entwicklung der Bergakademie im Zeitraffer

Andreas Handschuh

Nicht zuletzt aus der baulichen Entwicklung lassen sich wichtige Etappen der Universitätsgeschichte ableiten. Erhielten die ersten Freiburger Studenten im Mai 1766 zunächst in noch bescheidenen Verhältnissen im Wohnhaus des Freiburger Oberberghauptmanns Friedrich Wilhelm von Oppel (Ecke Futtergasse/Obere Nonnengasse, heutige Akademiestraße 6) ihre Bildung, so entwickelte sich die Bergakademie am Ende des 18. Jahrhunderts zu der weltweit führenden Lehr- und Forschungsanstalt auf den Gebieten Naturwissenschaft und Technik, insbesondere im Bereich des Montan- und Hüttenwesens, und behauptete diese Position bis in das erste Drittel des 19. Jahrhunderts hinein. »Magnifizienz« – nicht im strukturellen, aber im eigentlichen Sinne des Wortes war Prof. Abraham Gottlob Werner, der mit seiner »Großartigkeit« wie ein Magnet Studenten und bedeutende Wissenschaftler an die Bergakademie zog. Die Weiterentwicklung von Forschung und Lehre und der personelle Aufwuchs bedingten eine Erweiterung des Gebäudebestands. In der Zeit von 1792 bis 1857¹ wurde nach dem Ankauf des Oppelschen Wohnhauses 1792 im Bereich der Futtergasse und der Nonnengasse die Keimzelle der Bergakademie geschaffen. So entstand 1797 das weltweit erste chemisch-metallurgische Hochschullaboratorium;² das Hauptgebäude wurde 1798/1818 in der Nonnengasse um ein Bergmagazin/Bibliotheksgebäude erweitert, dem neuesten Stand von Bildung und Technik entsprechend 1836/39 umgebaut und 1855/57 aufgestockt. Die Keimzelle der Bergakademie wurde im Jahr 1830 bereits mit dem Erwerb und Umbau des schon als Hüttenlaboratorium fungierenden Silber-



Ausschnitt aus dem Stadtplan von Heinrich Adolph Schippan 1833/37

brennhauses in der Brenngasse (heute Brennhausgasse) 5 um einen weiteren Standort in der heutigen Altstadt Freibergs ergänzt.

Mit dem Erstarken der polytechnischen Lehranstalten und der technischen Hochschulen sowie der Öffnung der klassischen Universitäten für die Gebiete Chemie und Physik, aber auch für Mineralogie und Geologie, büßte die Bergakademie ihre Alleinstellung und führende Rolle Mitte des 19. Jahrhunderts ein.³ Erst mit den von Prof. Gustav Anton Zeuner ab 1871 eingeleiteten Reformen der akademischen Ingenieurausbildung erlebte sie eine neue Blüte. Neben den verfassungsmäßigen Änderungen in der Struktur der Bergakademie sicherte die Anpassung der Lehre und Forschung an die für das Deutsche Reich damals essenziell wichtigen Industriezweige

Kohlebergbau und Eisenhüttenwesen die wissenschaftliche Alleinstellung der Bergakademie bis weit in das 20. Jahrhundert hinein. Die Ausrichtung auf die ökonomisch-technischen Anforderungen des Berg- und Hüttenwesens in Lehre und Forschung erforderte neue Infrastrukturen. Es kam zu mehreren Erweiterungen und Institutsneubauten: Elektrotechnisches Laboratorium Brennhausgasse 8 (1875),⁴ Umbau Brennhausgasse 5 zu einem chemischen Laboratorium nach Vorstellungen von Prof. Clemens Alexander Winkler (1880), Eisenhütten- und Physikalische Institute mit Laboratorium Silbermannstraße 1 (1887), Radium-Institut und Elektrotechnisches Laboratorium

1 Hierzu ausführlich Jentsch/Kaden, Zur Baugeschichte der ältesten Gebäude der TU Bergakademie Freiberg, in: Denkmale in Sachsen – Stadt Freiberg, Band 1, S. 273 ff.

2 Das neue Laboratorium diente der Forschungstätigkeit von Prof. Wilhelm August Lampadius und löste das Hencelsche Laboratorium in der Fischerstraße ab, auf dessen Grundstück sich heute mit der Fischerstraße 41 die Begegnungsstätte des Lomonossow-Hauses der TU Bergakademie Freiberg befindet.

3 Albrecht, Die Geschichte der Bergakademie Freiberg im Kontext der Entwicklung des deutschen und europäischen Hochschulwesens von 1765 bis 2005, in: Wissenschaft vor Ort, S. 10.

4 Das Gebäude befindet sich heute nicht mehr im Bestand der TU Bergakademie Freiberg. Die Brennhausgasse 8 ist mit dem Gebäude des Sächsischen Oberbergamtes, Kirchgasse 11, das nach seiner Auflösung ebenfalls von der Bergakademie genutzt wurde, 1991 abgegeben worden.

torium Silbermannstraße 8 (1901/02),⁵ Schaffung eines Erweiterungsbaus zum Hauptgebäude Akademiestraße in der Neugasse 1 bis 7 (Prüferstraße 1, 1906) und später Übernahme des Bergschulgebäudes Neugasse 9 (Prüferstraße 9, 1924), Bezug des Gasthofes »Zum goldenen Adler«, Burgstraße 19, für die Fächer Allgemeine Rechtskunde, Bergrecht, Volkswirtschaftslehre (1913)⁶, Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre mit Mineralien-Niederlage, Brennhausgasse 14, (Werner-Bau, 1914/16), das von der Industrie gestiftete Braunkohlenforschungsinstitut Leipziger Straße 2 (Karl-Kegel-Bau, 1921/24) mit seiner Erweiterung um ein Aufbereitungslaboratorium (1926/27) sowie der separate neue Standort des Eisenhütteninstituts Leipziger Straße 34 (Ledebur-Bau, 1929/30) und in dessen Nachbarschaft das Professorenwohnhaus (1923), heute Sitz des Dekanats der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik. Außerdem wurde 1920 mit der von Unternehmen finanzierten Stiftung zur Pflege der Leibesübungen an der Bergakademie das Sportstadion »Akademische Kampfbahn« am Meißner Ring gebaut.⁷

Die Etablierung eines Lehrbergwerks an der Bergakademie und damit einer europaweit einmaligen Forschungsinfrastruktur an einer Hochschule begann ab 1905.⁸ Die beiden Schachtanlagen »Alte Elisabeth« und »Reiche Zeche« durften vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Niedergangs des Bergbaus im Freiburger Revier für wissenschaftliche Zwecke genutzt werden. Ab 1916 werden sie als Lehrgrube mit den Grubengebäuden »Reiche Zeche« und »Alt-Elisabeth« erwähnt.⁹

Die bauliche Entwicklung geriet Ende der zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts ins Stocken; lediglich die Versuchshalle für Brikettierung (Leipziger Straße 28, 1937/38) und die Ofenhalle des Instituts für Metallhüttenkunde (Leipziger Straße 23, 1939/40) entstanden bis zum Ende dieser Epoche, obwohl sich zahlreiche neue, am Bedarf der besonders prosperierenden Industriezweige ausgerichtete Wissenschaftsfächer an der Bergakademie etablierten. Starken Zuspruch erlangten neben den spezialisierten Wirtschaftswissenschaften die Naturwissenschaften, insbesondere die geowissenschaftlichen Fachdisziplinen. Die neuesten Anforderungen in Wissenschaft und Technik konnten durch eine allgemeingeologische Ausbildung nicht mehr befriedigt werden. So gründeten sich 1941 die eigenständigen Fachrichtungen Geologie und Angewandte Geophysik, und bereits 1939 wurde neben dem akademischen Grad Doktor-Ingenieur der Doktor rerum naturalium eingeführt.¹⁰ Die erhöhte Raumnachfrage führte zur Aufstellung mehrerer Generalbebauungspläne für einen Campus an der Leipziger Straße.¹¹ Die 1941 weitergeführte Planung sah dessen Ausdehnung bis zur Merbachstraße und zum Schlüsselteich vor¹² und legte mit ihrer Grenzziehung und ihrer repräsentativen Anmutung von umbauten, platzartigen Räumen den zukünftigen Charakter für die Bebauung auf dem Campus an der Leipziger Straße bis heute fest.

1945 stand die Bergakademie vor der großen Herausforderung, sich zunächst nach sowjetischen Vorgaben und danach an den wirtschaftlichen Erfordernissen des Staates DDR auszurichten – noch stärker, als dies in den vorherigen Jahrzehnten ihrer Geschichte und bei ihrer

Gründung der Fall war.¹³ »Autarkie der Energie- und Rohstoffversorgung« und »Produktivkraft Wissenschaft« waren Schlagworte für die staatlicherseits vorgegebene Profilbildung in bergakademischer Forschung und Lehre. Die notwendigen infrastrukturellen Voraussetzungen wurden mit einem in seinem Umfang für die Bergakademie einzigartigen Bebauungsprogramm umgesetzt. Die erste Bauetappe erstreckte sich von 1951 bis zum Anfang der Sechzigerjahre, die zweite vom Anfang der Siebzigerjahre bis kurz vor das Ende der DDR. Die ab 1950 vorgelegten Bebauungspläne griffen die Baufelder des Bebauungsplans von 1941 auf und orientierten auf eine dem Bauhausstil entlehnte funktionalistische Bebauungsweise. Ausdruck hierfür sind noch heute der Clemens-Winkler-Bau, der 1951/54 für die chemischen Institute errichtet wurde, und teilweise auch der für die ehemaligen Institute Maschinenkunde und Bergbaumaschinen errichtete Julius-Weisbach-Bau, dessen Grundsteinlegung 1949 erfolgte.¹⁴ Die Bebauungsweise stieß jedoch auf heftige Kritik, der Bauhausstil entsprach nicht der Doktrin der vorherrschenden Stellung der Arbeiter- und Bauernklasse. Der Bebauungsplan wurde umgehend überarbeitet und ein Gestaltungskonzept mit klassizistischen Fassaden für alle Neubauten ab dem Jahr 1952 vorgegeben.¹⁵ Als Kapazitätsgrenze wurden 2000 Studenten angesetzt, was in etwa auch den Bedarf an Fachkräften bis zum Ende der DDR abdeckte.¹⁶ Der daraufhin überarbeitete Generalbebauungsplan von 1953 ist insofern bemerkenswert, als er am heutigen Standort von Universitätsbibliothek und Neuer Mensa mit einem Auditorium Maximum in vorwegnehmender Weise das gegenwärtige bzw. geplante Zentrum der Universität beschreibt. Mit dem erweiterten Karl-Kegel-Bau wird der Anfang eines umbauten Universitätsplatzes gelegt, wie er nach Errichtung des neuen Hörsaalzentrums mit Universitätsbibliothek und dem Abriss der alten

5 Nach Sanierung des Gellert-Baus im Jahr 2005 sollten die Gebäude Silbermannstraße 1 und 8 aus zu kurzfristigen Erwägungen aufgegeben werden. Glücklicherweise gab es wenigstens für die Silbermannstraße 1 eine temporäre Nachnutzungsnotwendigkeit, die Silbermannstraße 8 wurde leider 2005 abgegeben.

6 Von 1953 bis 1982 hatte das Institut für Rechtswissenschaften der Bergakademie hier seinen Sitz, danach erfolgte die Abgabe des Gebäudes an die Stadt Freiberg.

7 Die Anlage wurde 1998 und 2002 durch die umgewidmete Reithalle und den umgebauten Exerzierplatz des ehemaligen 16. Königlich Sächsischen Infanterie-Regiments Nr. 182 an der Chemnitzer Straße 50 als neues Universitätssportzentrum der TU Bergakademie Freiberg ersetzt. Die Akademische Kampfbahn befindet sich heute in städtischer Nutzung.

8 Sächsisches Bergarchiv Freiberg, 40176 (17).

9 Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen, 1916, 1922, 1923; Vor-

lesungsverzeichnis für das 159. Studienjahr 1924/25, Nr. 19; bei dieser Aufzählung im Vorlesungsverzeichnis bleibt es bis zum 176. Studienjahr 1941/42; ab dem 177. Studienjahr 1942/43 wird nur noch die Lehrgrube »Alt Elisabeth« genannt; bei dieser Bezeichnung bleibt es bis zur Hochschulreform 1968/69.

10 Ausführlich Rank, Die Bergakademie zwischen dem Ersten und Zweiten Weltkrieg, in: Wissenschaft vor Ort, S. 146, 149.

11 Bereits 1937 hatte die Bergakademie die Überlassung des Schlosses Freudenstein und den Bau eines neuen chemischen Instituts bis zum 175. Gründungsjubiläum im Jahr 1940 gefordert, Douffet, Freiburger Vorstädte – Stadtentwicklung außerhalb der Stadtmauern, in: Denkmale in Sachsen – Stadt Freiberg, Band 1, S. 352.

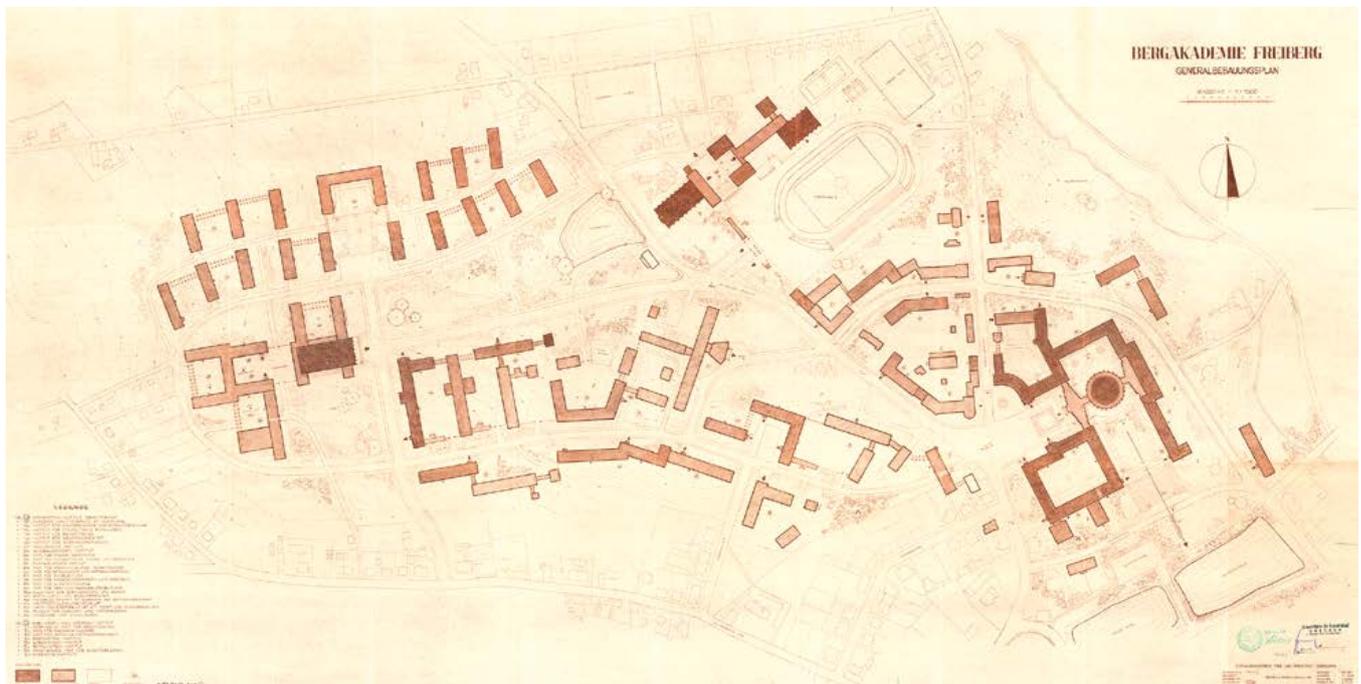
12 Douffet, ebd., S. 352.

13 Pohl, Die Bergakademie auf dem Weg zur sozialistischen Hochschule, in: Wissenschaft vor Ort, S. 174.

14 Die endgültige Fertigstellung des Areals zog sich bis 1960 hin; insofern wurde im Zuge des weiteren Baufortschritts das ab 1952 gültige Gestaltungskonzept beachtet.

15 Douffet, ebd., S. 354.

16 Zum Wintersemester 1990/91 waren 2.666 Studenten eingeschrieben; die Studentenzahl fiel zum Wintersemester 1994/95 auf 1.914 ab und unterschritt damit die Kapazitätsgrenze.

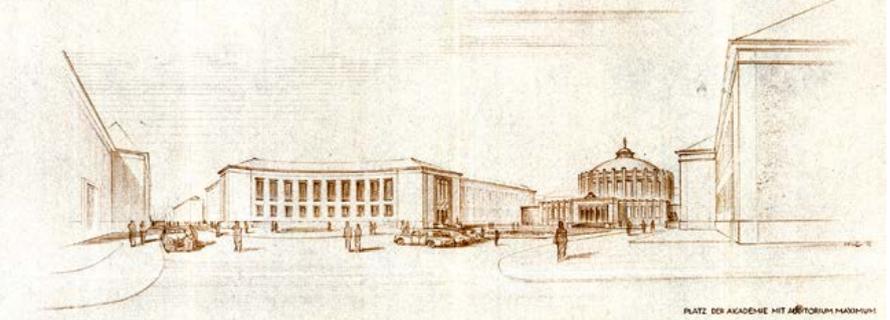


Generalbebauungsplan des Entwurfsbüros für Industriebau Dresden 1953, Gesamtansicht (oben), und geplanter Universitätsplatz mit neuem Auditorium maximum (unten)

Universitätsbibliothek mit dem Karl-Kegel-Bau/Erich-Rammler-Bau und der Neuen Mensa, wenn auch nicht in seinen ursprünglich geplanten gigantomanischen Ausmaßen, entstehen soll. So blieb der Clemens-Winkler-Bau ein singulärer Vertreter seiner Architekturrichtung, und bereits bei dem 1953 begonnenen Gebäude für Metallhüttenkunde mit neuer Ofenhalle (Gellert-Bau) lassen sich die geforderten klassizistischen Fassadelemente erkennen. Es folgten die Gebäude für die Institute für Markscheidewesen (Karl-Neubert-Bau, Reiche Zeche 1953), für Tagebaukunde (Helmut-Härtig-Bau 1955/58), für Geologie und Brennstoffgeologie (Humboldt-Bau 1956/58), für Gießereikunde und Metallformung (Haus Formgebung 1956/60), für Gaserzeugung sowie Gasverteilung und Gasanwendung (Lampadius-Bau 1957/58), für Technische Brennstoffverwertung (Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Reiche Zeche, Haus 1 bis 3, 1957/59),¹⁷ für Brikettierung (Erich-Rammler-Bau

17 Mit der Neustrukturierung nach dem 2. Weltkrieg wurde die technische Versuchsanlage Reiche Zeche in den Rang eines selbstständigen Instituts an der Fakultät für Bergbau der Bergakademie erhoben; zuvor war diese Anlage nur in der Lehre der Bergakademie unterstellt; ausführlich Krzack/Kuchling/Hahn/Meyer, Vom Wärmetechnischen Laboratorium zum Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 2010, S. 13 (11 ff).

BERGAKADEMIE FREIBERG GENERALBEBAUUNGSPLAN



1959/61), für Bergbaukunde, Abteilung Tiefbohrtechnik und Erdölgewinnung (Werner-Arnold-Bau 1959/61) mit einer Versuchshalle und einem Laborgebäude (1969), für Metallkunde (Haus Metallkunde 1960/63) und das Institutsgebäude für Theoretische Physik und Geophysik sowie Angewandte Geophysik (Otto-Meißner-Bau 1961/63). 1961 wurden das Institutsgebäude für Mathematik und Technische Mechanik (heutiges Universitätsrechenzentrum, Bernhard-v.-Cotta-Straße 1) und der in dessen unmittelbarer Nähe befindliche Mathematik-Hörsaal, Leipziger Str. 29a, erbaut.¹⁸

Hinzu kamen folgende Neubauten und Erweiterungen: 1951 übernahm die Bergakademie von der Wismut AG die ehemalige Landwirtschaftliche Haushaltsschule Agricolastraße 17 für die

18 Der Mathematik-Hörsaal und das Gasthaus »Krone« wurden im Zuge der Baumaßnahme Laborneubau Clemens-Winkler-Bau 2012 bzw. 2013 abgerissen.

Silikathüttenkunde, die 1956/60 um einen Hörsaal- und Laboranbau ergänzt wurde. Für das neu gegründete Institut für Gesellschaftswissenschaften wurde 1954/56 der Große Hörsaal (Auditorium Maximum) gebaut. Der Ledebur-Bau erhielt 1956 mit der Lauchhammerhalle ein Technikum. Das Quartier des Hauptgebäudes in der Altstadt wurde 1957 mit der Übernahme der Nonnengasse 22 für die Hochschulbücherei von der Akademiestraße über die Nonnengasse zur Prüferstraße geschlossen.

Das immense Bauprogramm für die Institutsgebäude der Hochschule sollte auch im sozialen Bereich ergänzt werden. In der Altstadt wurde 1949 das Haus des Freiburger Gewerbevereins in der Korngasse 5 übernommen, um es für eine Mensa und das Internat der Arbeiter- und Bauernfakultät der Bergakademie umzubauen. Im Zuge der Baumaßnahmen 1950 traten jedoch erhebliche Gebäudeschäden zutage, sodass

nur noch diejenigen Baumaßnahmen fortgeführt wurden, die den Betrieb der Mensa im Erdgeschoss ermöglichten. Die Mensa wurde bis zu ihrem Umzug in den ehemaligen Gasthof »Schwarzes Ross«, Petersstraße 5, im Jahr 1955 genutzt; das Gebäude verblieb dann als Ingenieurschule im Bestand der Bergakademie.¹⁹ Eine Arbeiter- und Bauernfakultät (ABF) wurde bereits 1946 an der Bergakademie gegründet, um das kapitalistische Bildungsprivileg zu brechen und die sozialistische Umwandlung der Hochschulen zu unterstützen. Ziel war es, eine neue, aus der Arbeiterklasse und der Bauernschaft erwachsende Führungsschicht heranzuziehen. Das erste Lehrgebäude der ABF war 1949 die Handelsschule in der Körnerstraße; 1952 erfolgte der Umzug in die ehemalige Kaserne des 1. Königlich Sächsischen Jäger Bataillons Nr. 12 in die Lessingstraße 45.²⁰ Zur Unterbringung der Studenten entstanden 1956/59 die ersten Studentenwohnheime in der Winklerstraße 12–22.

Die Bergakademie strahlte, nicht nur gemessen an ihrer wissenschaftlich und volkswirtschaftlich unerlässlichen Bedeutung für die DDR, sondern auch mit ihrer dem neuesten Stand entsprechenden baulichen Infrastruktur zur Zweihundertjahrfeier sowohl in das damalige sozialistische als auch ins westliche Ausland aus. Doch mit der dritten Hochschulreform, die in dieser Zeit in das erste Planungsstadium trat, verschoben sich die Prioritäten in Richtung eines stringenten ideologischen Umbaus, und auch die fiskalischen Schwierigkeiten der DDR beeinflussten maßgeblich den weiteren Ausbau der Bergakademie. Zwar entstanden noch 1971/73 in der Agricolastraße 14–16 der Studentenwohnheimkomplex »Gustav Sobottka« und 1972 in der Gustav-Zeuner-Straße 6–10 das Gebäude für die sozialistische Betriebswirtschaft einschließlich Geschichte der Produktivkräfte, doch bei den Bauvorhaben Neue Mensa, Agricolastraße 10a (1973/75) und Universitätsbibliothek, Agricolastraße 10 (1977/80) ließen sich die finanziellen und materiellen Schwierigkeiten auch beim staatlichen Hochbau nicht mehr

verschweigen. Es folgten 1982 noch das Technikum in der Agricolastraße 18, 1987/88 das Tagebautechnikum in der Gustav-Zeuner-Straße 1a, und als letztes Gebäude wurde in den Jahren 1987/89 mit der Planung und dem Aufbau des Technikums Neue Werkstoffe, Gustav-Zeuner-Straße 3, begonnen. Aufgrund des Zusammenbruchs der DDR wurde das Gebäude erst 1991 fertiggestellt.²¹

1990 zeigte sich dann die jahrzehntelange Vernachlässigung des Gebäudebestands. So türmte sich nach den damaligen Berechnungen ein Defizit von ca. 180 Millionen EUR allein für den Bauunterhalt auf. Der Flächenbestand wurde für die sich neu ausrichtende Bergakademie als ausreichend betrachtet, der Schwerpunkt der Baumaßnahmen lag aufgrund rückläufiger Studentenzahlen auf der Grundinstandsetzung der vorhandenen Gebäudesubstanz bei gleichzeitiger Anpassung an die aktuellen Nutzeranforderungen unter Beachtung der neuen gesetzlichen Bestimmungen (Verwaltungsanweisungen der staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung, Brandschutz, Bauordnung, Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz). Problemfelder waren desolate Dächer einschließlich der Dachentwässerungen, für einen öffentlichen Betrieb ungeeignete und mangelhafte Sanitäranlagen, völlig veraltete Hörsäle und Seminarräume, unzulängliche Kommunikations- und Dateninfrastrukturen sowie verschlissene haustechnische Anlagen. Hinzu kamen ungeklärte vermögensrechtliche Zuordnungen, die eine sofortige Instandsetzung verzögerten. Sämtliche Baumaßnahmen waren ab 1991 im Einvernehmen mit der Vermögens- und Hochbauverwaltung des Freistaates Sachsen vorzubereiten und zu realisieren. Bis 1996 wurden 25 Millionen EUR für Instandsetzungen investiert; Neubauten wurden im Gegensatz zu anderen sächsischen Hochschulstandorten nicht geplant. Stattdessen sah die langfristige bauliche Entwicklungsplanung der TU Bergakademie Freiberg ein Kompaktierungsprogramm mit Aufgabe von zirka 9.000 m² Hauptnutzfläche vor, das die Kapazitätsgrenze der letzten in der DDR geplanten Ausbaustufe von 4.000 auf 3.240 Studenten absenkte

21 Die Baumaßnahme sollte als Gemeinschaftsinvestition der damaligen Ministerien Hoch- und Fachschulwesen, Erzbergbau, Metallurgie und Kali, Elektrotechnik-Elektronik sowie Glas und Keramik und des VEB Qualitäts- und Edelstahlkombinates Brandenburg finanziert werden.

(2.700 mit einem Überlastfaktor von 1,2). Aufgrund dieser Entwicklungsplanung wurden bis 2007 folgende Große Baumaßnahmen²² umgesetzt: Grundinstandsetzung Universitätshauptgebäude (1997/05), Versuchshalle Technologiezentrum Aufbereitungsmaschinen (1999/2000), Umbau und Sanierung des Ledebur-Baus als Institutsgebäude für Eisen- und Stahltechnologie sowie NE-Metallurgie (2003/06), Umbau und Sanierung des Gellert-Baus mit Alter Ofenhalle (2002/08), Umbau und Sanierung Neue Ofenhalle am Gellert-Bau zu einem Reinraumlaboratorium (2006/08) sowie – als Vorgriff auf die Gesamtanierung – die Sanierung von Fassade, Heizung und Fenstern des Karl-Kegel-/Erich-Rammler-Baus (2005/06).

Sämtliche weiteren Baumaßnahmen wurden sodann vom Sächsischen Staatsministerium der Finanzen mit Hinweis auf den Ablauf des mittelfristigen Planungshorizonts der baulichen Entwicklungsplanung zunächst abgelehnt und eine Anpassung an die veränderten Rahmenbedingungen gefordert. Die daraufhin im November 2006 vorgelegte bauliche Entwicklungsplanung sah gemäß der von den Gremien der Universität beschlossenen weiteren Profilkonfokussierung auf die Bereiche Geo, Material, Umwelt und Energie und der überproportionalen Auswirkung des staatlicherseits verordneten Stellenabbaus auf die Zahl der Hochschullehrerstellen eine Fortschreibung der Modernisierung und Konzentration der vorhandenen Bausubstanz vor. Mit einer Standortverdichtung durch moderate Erweiterungsneubauten auf dem Campus an der Leipziger Straße und Aufgabe von Außenstandorten sollte zwischen den Endpunkten Haus Formgebung und Neue Mensa eine aktivere Intra-Kommunikation erreicht und an die früheren Gedanken einer Hochschulstadt oder eines Hochschulviertels angeknüpft werden.²³

Doch schon im Spätsommer 2007 entschloss sich das Rektorat, aufgrund einer überholten städtebaulichen Entwick-

22 Das Sächsische Immobilien- und Baumanagement unterscheidet nach der Umfangsgrenze 1,0 Millionen EUR zwischen Großen, Kleinen Baumaßnahmen und Bauunterhalt. Um den Sanierungsstau zu beheben, wurde ein Großteil der Gebäude durch »gestückelt« aber verwaltungsmäßig weniger aufwendigen Kleinen Baumaßnahmen saniert.

23 rheform, Fortschreiben der Strukturellen und Baulichen Entwicklungsplanung für die Technische Universität Freiberg, 2006, S. 231.

19 1991 wurde das Gebäude zum Zwecke der Finanzierung des Technikums »Neue Werkstoffe« verkauft, siehe auch Anm. 21.

20 1990 folgten die Umgestaltung der Arbeiter- und Bauernfakultät in das Freiberg Kolleg (Institut zur Erlangung der Hochschulreife) und 1992 die Ausgliederung aus der Bergakademie.

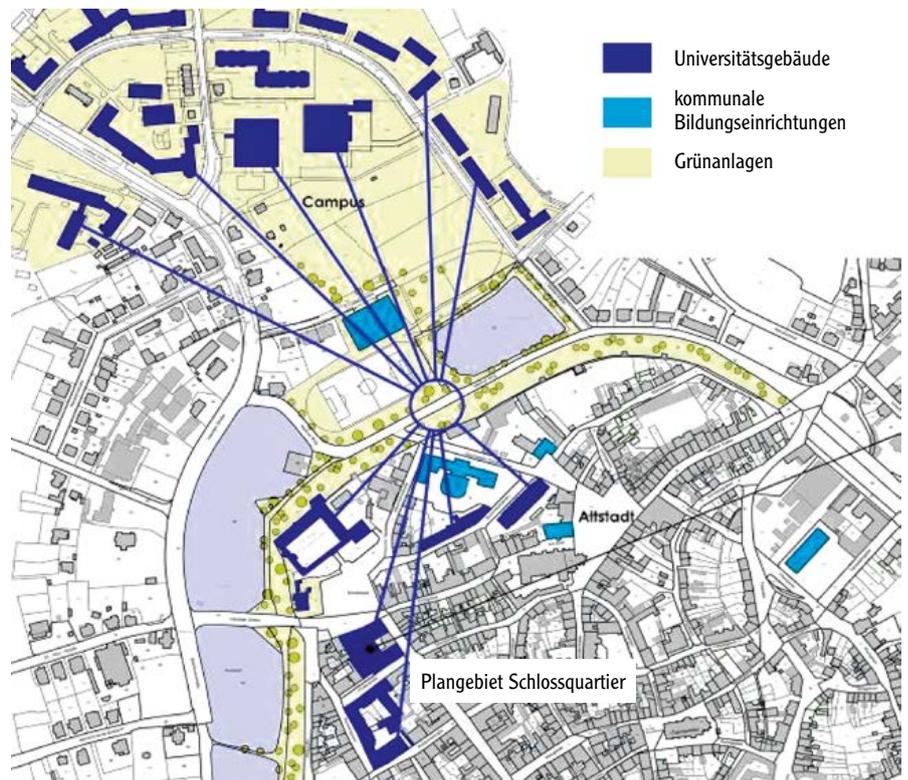
lung vom Verdichtungskonzept der im November 2006 vorgelegten baulichen Entwicklungsplanung Abstand zu nehmen. Die in der Öffentlichkeit bekannt gewordenen Projektideen der Stadtverwaltung Freiberg, ein überirdisches Parkhaus unter Nutzung der Altbausubstanz im Quartier Schloßplatz/Burgstraße/Prüferstraße (Schloßplatzquartier) zu realisieren, veranlassten Rektor Prof. Georg Unland, einen Gegenvorschlag zur Nutzung dieser Liegenschaften für universitäre Zwecke zu unterbreiten. Auf seine maßgebliche Initiative hin konnte bereits das brachliegende Schloss Freudenstein (2005/2008)²⁴ saniert werden, um eine repräsentative Ausstellungsstätte für die Leihgabe der Pohl-Ströher-Mineralienstiftung an die TU Bergakademie Freiberg, die »Terra Mineralia«,²⁵ zu schaffen.

Das sanierte Schloss Freudenstein wurde zur Initialzündung der Konzeption »Wissenschaftskorridor«.²⁶ Hatte sich die Bergakademie seit ihrer Gründung im Jahr 1765 von ihrer Keimzelle Akademiestraße 6 beständig nach Norden aus der Altstadt heraus bewegt (vorläufiger Höhepunkt war die Etablierung des Campus an der Leipziger Straße in der Epoche der DDR), so bot sich jetzt die Möglichkeit einer stärkeren Verzahnung zwischen den Universitätsteilen der Altstadt und der Leipziger Straße. Die Idee des Wissenschaftskorridors war geboren. Beginnend am Hauptgebäude in der Akademiestraße, vorbei am Schloss Freudenstein, entlang der Silbermannstraße mit dem imposanten Physikgebäude konnte nun eine Brücke hinüber zur Akademischen Kampfbahn und zu den dahinter liegenden, plötzlich als Potenzial für eine universitäre Ansiedlung eingestuften Flächen Schülerwiese und Messeplatz geschlagen und mit der bisher als Schlusspunkt der baulichen Entwicklung, an den Rand des Korridors gesetzten Neue Mensa verbunden werden. Entgegen der 2006 geplanten baulichen Entwicklung sollten nunmehr der Messeplatz und die Schülerwiese zum Zentrum des Campus und gleichzeitig zum Bindeglied zwischen den relativ separierten Universitätsteilen werden.

24 Zur Geschichte siehe Tepper, Schloss Freudenstein, in: Hoffmann/Richter (Hrsg.), Denkmale in Sachsen, Stadt Freiberg, Band 1, Freiberg 2002, S. 261 ff.

25 Heide, Terra mineralia - Ein einzigartiges Konzept, in: terra mineralia - Glanzlichter aus der Welt der Mineralien, Freiberg 2008, S. 45ff.

26 Handschuh/Möls, Wissenschaft im Herzen der Altstadt, Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 2008, S. 55.



Wissenschaftskorridor: Konzept Quartier Schloßplatz, »Tor der Wissenschaft«, Vernetzung Campus und Altstadt, 2008

Ein nächster großer Schritt zur Umsetzung des »Wissenschaftskorridors« wurde die Baumaßnahme Schlossplatzquartier. In dem Gemeinschaftsprojekt von Freistaat Sachsen, Stadt Freiberg und TU Bergakademie Freiberg wird ein neuer Standort für die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und das Internationale Universitätszentrum entstehen, da der bislang genutzte Gebäudekomplex an der Lessingstraße 45 aufgrund seines maroden Zustands für eine universitäre Nutzung ungeeignet ist und nur mit einem hohen finanziellen Aufwand im laufenden Betrieb grundhaft zu sanieren wäre.²⁷ Mit ca. 1.200 Studenten und 150 Mitarbeitern wird auf diese Weise fast ein Fünftel der Universitätsangehörigen zurück in die Altstadt geholt. Hinzu kommt die Nutzung der geplanten Seminarräume und des großen Hörsaals durch andere Fakultäten, so dass ein reger Austausch zwischen den Univer-

27 Die universitäre Nutzung des ehemaligen Kasernenkomplexes an der Lessingstraße war zunächst bis zum Ende der Baumaßnahme Schloßplatzquartier befristet. Nach Freizug des Komplexes wird mit dem Freistaat Sachsen über eine weitere Nutzung zu verhandeln sein. Im rückwärtigen Kasernen-Gelände sollen voraussichtlich 2016 das gemeinsame Bohrkernlager für das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, die TU Bergakademie Freiberg und das Helmholtz Institut Freiberg für Ressourcentechnologie entstehen.

sitätsteilen über den Wissenschaftskorridor und damit eine weitere Belebung der Altstadt zu erwarten sind. Baubeginn war nach Abschluss der archäologischen Grabungen²⁸ im Jahr 2013; der erste Bauabschnitt, die Sanierung des Altbestands Schloßplatz 1/1a und Prüferstraße 2, soll im Jahr 2015 vollendet sein. Die Übergabe des Hörsaals mit Seminarräumen soll 2017 erfolgen.²⁹

Zum Wissenschaftskorridor gehört auch das Krüger-Haus.³⁰ Die Stifter Peter und Erika Krüger erwarben 2004 für die TU Bergakademie Freiberg das Amtshaus am Schloss Freudenstein, um es als Sitz der »Dr.-Erich-Krüger-Stiftung« und der »Stiftung Mineralogische Sammlung Deutschland« umzubauen (2009/2012). Durch ein weiteres Stiftungsengagement, das von Dr. Frank-Michael und Marianne Engel, konnte das Engel-Haus, Silber-

28 Zu den Ergebnissen der Grabungen Gräf/Westphalen, Wieder ans Licht gebracht - Burg und Dominikanerkloster zu Freiberg, Acamonta 2012, S. 168 ff.

29 Ausführlich zur Baugeschichte des Altbestands und zu dem Neubauvorhaben: Handschuh, Das Schloßplatzquartier - Eine kleine Baugeschichte, in: Die Gedankenwelt Dietrichs von Freiberg im Kontext seiner Zeitgenossen, Freiburger Forschungshefte, D 243 Geschichte, S. 201 ff.

30 Zur Geschichte des Hauses Höppner/Richter, Das Krügerhaus, Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 2010, S. 161 ff.

mannstraße 2, für die Institute Industrie-archäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte sowie Wirtschaftsinformatik saniert werden (2011/2012). In diesem Zusammenhang ist es umso bedauerlicher, dass 2005 die Aufgabe der Silbermannstraße 1 und 8 beschlossen worden war; zumindest für die Silbermannstraße 1 wurde der Beschluss im Hinblick auf die Umsetzung des Wissenschaftskorridors revidiert. Nicht im Wissenschaftskorridor liegend, aber aus der Geschichte der Bergakademie und ihrer Vorläufer von besonderer Bedeutung, ist der ebenfalls mit maßgeblicher finanzieller Beteiligung des Stifterehepaars Engel und der Nationalen Universität für mineralische Rohstoffe »Gorny« St. Petersburg sanierte Gebäudekomplex Lomonossow-Haus in der Fischerstraße 39/41 (2012/2013). Er besteht aus einem Gästehaus für bis zu 16 russische Studenten und Wissenschaftler und einer Begegnungsstätte zu Ehren von Michail Wassiljewitsch Lomonossow, der an diesem Ort in den Jahren 1739/40 bei Berg- und Hüttenkunde studierte.

Die bauliche Entwicklungsplanung von 2006 ging aufgrund der prognostizierten demografischen Entwicklung davon aus, dass trotz der seit 1995 auf 4.631 gestiegenen Studentenzahl 2.700 flächenbezogene Studentenplätze (4.050 Gesamtstudentenzahl bei einem Überbuchungsfaktor von 1,5) sinnvoll und ausreichend seien.³¹ Beim Personalbestand wurden 903 haushaltsfinanzierte³² und 531 drittmittelfinanzierte³³ Beschäftigte angesetzt. Sämtliche Annahmen erwiesen sich jedoch im mittelfristigen Planungshorizont als unzutreffend. Entgegen allen Erwartungen stiegen die Studentenzahlen ab 2007 kontinuierlich und erreichten zum Wintersemester 2012/2013 mit 5.727 Studenten einen Rekordwert: Der prognostizierte Rückgang des Zulaufs von Studenten aus Sachsen konnte durch Steigerung der Attraktivität und Bekanntheit der TU Bergakademie Freiberg mit Studenten aus dem In- und Ausland mehr als kompensiert werden. Die TU knüpft damit an jene Zeiten in ihrer Geschichte an, in denen die sächsischen Studenten zahlenmäßig stets von Studierenden aus anderen deutschen Ländern oder aus dem

31 rheform, Fortschreiben der Strukturellen und Baulichen Entwicklungsplanung für die Technische Universität Freiberg, 2006, S. 14.

32 rheform, ebd., S. 24.

33 rheform, ebd., S. 26.

Ausland übertroffen wurden.³⁴ Selbst die staatliche Planung geht nunmehr von einem höheren Bedarf an Studienplätzen für die TU Bergakademie aus, auch wenn sie in ihren Zielvorgaben bis 2017 wieder ein moderates Absenken der Studentenzahl auf 5.300 fordert.³⁵ Ähnliches gilt für den Personalbestand: Trotz Abbaus von Haushaltsstellen stieg die Anzahl der Beschäftigten aufgrund der Zunahme von Teilzeitstellen auf 1.122 haushaltsfinanzierte Beschäftigte im Jahr 2014. Als zu vorsichtig im Hinblick auf Wachstumschancen erwiesen sich auch die Annahmen für das Drittmittelpersonal. Stagnierten die jährlichen Drittmittelleinnahmen der TU Bergakademie Freiberg von 1996 bis 2007 bei ca. 20 Millionen EUR, so wuchsen sie aber durch die Einwerbung von Großforschungsprojekten ab 2008 mit erstmals 33,4 Millionen EUR explosionsartig. 2013 wurde mit 58,4 Millionen EUR ein neuer Rekordwert erzielt. Demzufolge stieg auch der Umfang des drittmittelfinanzierten Personals auf 864 Beschäftigte. Hinzukommt der ebenfalls aus dem Wachstum der Drittmittelleinnahmen resultierende Platzbedarf zum Aufbau von Forschungsgeräten.

Für das Rektorat ergaben sich im Hinblick auf die bauliche Entwicklungsplanung zwei Prämissen: 1. Ausweitung der Forschungsinfrastruktur, ggf. unter Ausnutzung von Sonderfinanzierungsprogrammen des Bundes und der Europäischen Union sowie 2. Modernisierung und Erweiterung der Hörsaal- und Seminarraumkapazitäten. Für die Forschungsinfrastruktur konnten folgende Große Baumaßnahmen umgesetzt werden: Umbau und Sanierung Warmwalzhalle einschließlich Werkstattbereiche für die Modernisierung und Erweiterung von Versuchsanlagen des Hauses Formgebung (2007/09), 1. Bauabschnitt Neubau Hallenkomplex Technikum für Maschinen- und Verfahrensentwicklung (Lampadiusstraße 7, 2009/10)³⁶, Neubau des Instituts für Energieverfahrenstech-

34 Bis zur Reichsgründung 1871 wuchs der Anteil nichtdeutscher Studenten auf 55 Prozent, während die Sachsen nur 24 Prozent ausmachten; Albrecht, ebd., S. 13.

35 Zielvereinbarung gemäß § 10 Abs. 2 SächsHSFG zwischen TU Bergakademie Freiberg und dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst vom 11. Dezember 2013, S. 6.

36 Die Maßnahme wurde aus dem Konjunkturpaket II des Bundes »Entschlossen in der Krise, stark für den nächsten Aufschwung« vom 12.1.2009 finanziert und war die größte Einzelmaßnahme im Freistaat Sachsen.

nik und Chemieingenieurwesen für das Deutsche Brennstoff-Institut »DBI-Bergakademie« (Reiche Zeche, 2010/2011), Neubau Labor- und Praktikumsgebäude am Clemens-Winkler-Bau (Leipziger Straße 29, 2011/14) sowie Sanierung und Erweiterung Haus Formgebung (2012/14). Wurden von 1991 bis 2007 insgesamt 105 Millionen EUR für bauliche Maßnahmen aufgewandt, steigerte sich das Ausgabevolumen bis 2014 um über 100 Prozent auf 217 Millionen EUR.

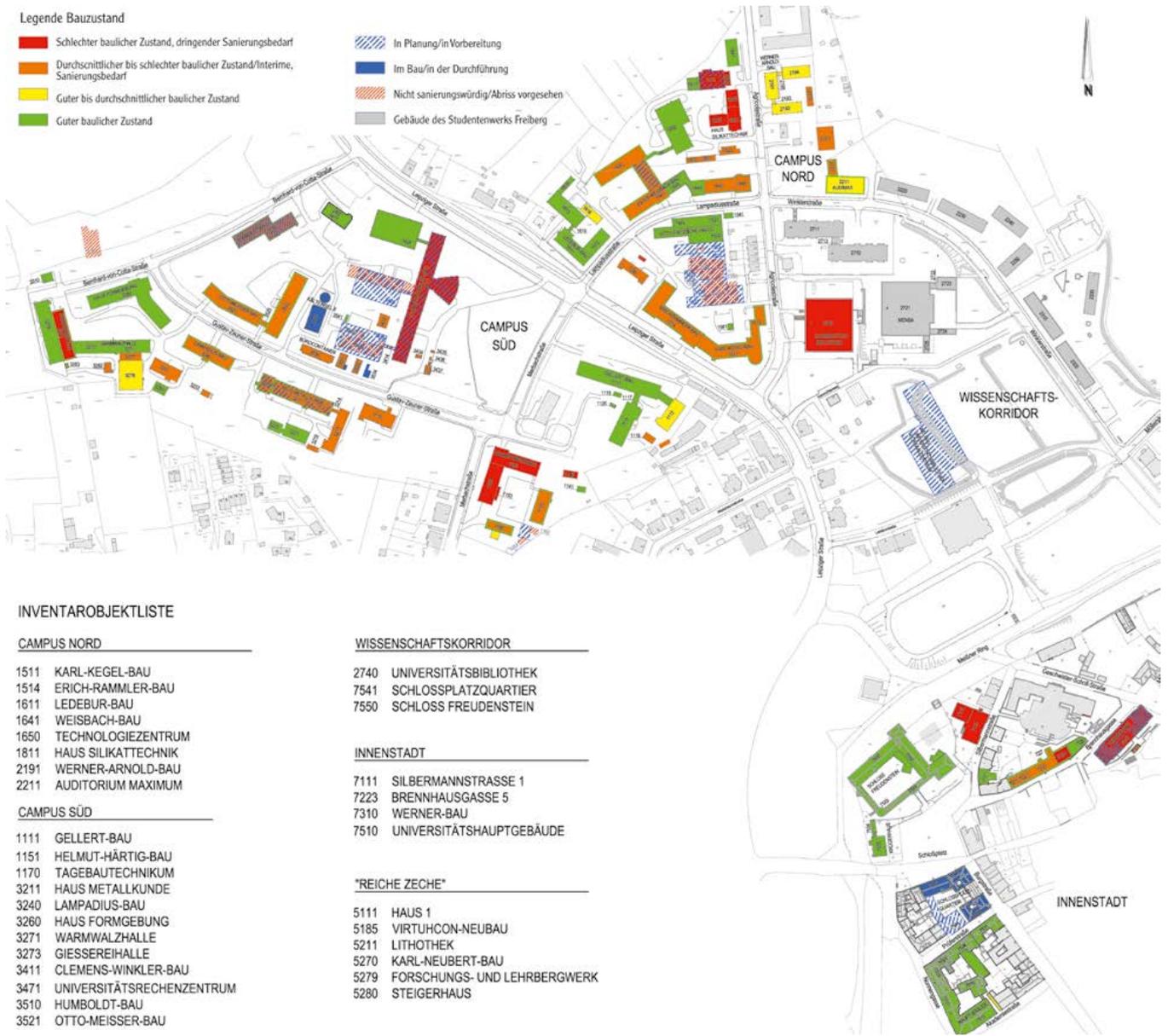
Die zweite Prämisse, die Ausweitung der Lehrraumkapazitäten, konnte bisher nicht umgesetzt werden. Im Gegenteil: Die Situation verschärfte sich durch den Abriss des Mathematikhörsaals zugunsten des Neubaus am Clemens-Winkler-Bau sowie die Verschlechterung des Bauzustands und die damit teilweise Aufgabe von Lehrräumen in der Lessingstraße 45 und Silbermannstraße 1. Ursprünglich war geplant, das Auditorium Maximum und die Universitätsbibliothek um entsprechende Kapazitäten zu erweitern. Nach einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dieser beiden Großen Baumaßnahmen und unter Berücksichtigung der Konzeption »Wissenschaftskorridor« soll nunmehr ein gemeinsames Gebäude mit Hörsaalzentrum und Universitätsbibliothek in unmittelbarer Nähe zur Neuen Mensa und zum Karl-Kegel-Bau auf der Schülerwiese/Messeplatz als neues Universitätszentrum zwischen Altstadt und Campus entstehen. Das neue Zentrum soll ca. 7.300 m² Flächen für die Bibliothek sowie zwei Hörsäle mit 360 Plätzen, einen Hörsaal mit 90 Plätzen zzgl. Vorbereitungsräume und zwei Seminarräume mit 50 bzw. 35 Plätzen erhalten.

Ferner sind folgende Baumaßnahmen geplant: Gesamtanierung des Clemens-Winkler-Baus mit zwei weiteren Laborflügeln zur Konzentrierung der Labore der Fakultät Chemie und Physik sowie chemischer Labore anderer Fakultäten,³⁷ nächster Bauabschnitt Hallenkomplex Technikum für Maschinen- und Verfahrensentwicklung mit den Hallen 2 und 3 sowie den Technika 2 bis 4, Gesamtanierung Karl-Kegel-Bau/Erich-Rammer-Bau, Gesamtanierung Werner-Bau und Gesamtanierung Helmut-Härtig-Bau. Sämtliche Maßnahmen – einschließlich Hörsaalzentrum/Universitätsbibliothek

37 Die Konzentration soll das Gebäude Neue Werkstoffe, Gustav-Zeuner-Str. 3, aufnehmen, auf dessen Gelände ein Forschungsneubau nach dem Bundesprogramm Art. 91b GG errichtet werden soll.

Legende Bauzustand

- Schlechter baulicher Zustand, dringender Sanierungsbedarf
- Durchschnittlicher bis schlechter baulicher Zustand/Interime, Sanierungsbedarf
- Guter bis durchschnittlicher baulicher Zustand
- Guter baulicher Zustand
- In Planung/in Vorbereitung
- Im Bau/in der Durchführung
- Nicht sanierungswürdig/Abriß vorgesehen
- Gebäude des Studentenwerks Freiberg



INVENTAROBJEKTLISTE

CAMPUS NORD

- 1511 KARL-KEGEL-BAU
- 1514 ERICH-RAMMLER-BAU
- 1611 LEDEBUR-BAU
- 1641 WEISBACH-BAU
- 1650 TECHNOLOGIEZENTRUM
- 1811 HAUS SILIKATTECHNIK
- 2191 WERNER-ARNOLD-BAU
- 2211 AUDITORIUM MAXIMUM

CAMPUS SÜD

- 1111 GELLERT-BAU
- 1151 HELMUT-HÄRTIG-BAU
- 1170 TAGEBAUTECHNIKUM
- 3211 HAUS METALLKUNDE
- 3240 LAMPADIUS-BAU
- 3260 HAUS FORMGEBUNG
- 3271 WARMWALZHALLE
- 3273 GIESSEREIHALLE
- 3411 CLEMENS-WINKLER-BAU
- 3471 UNIVERSITÄTSRECHENZENTRUM
- 3510 HUMBOLDT-BAU
- 3521 OTTO-MEISSER-BAU

WISSENSCHAFTSKORRIDOR

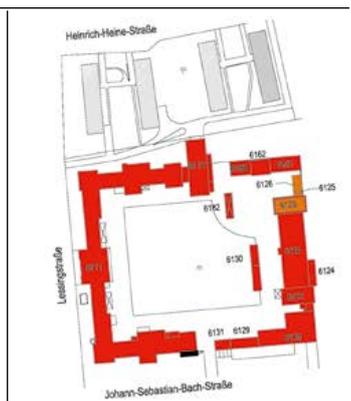
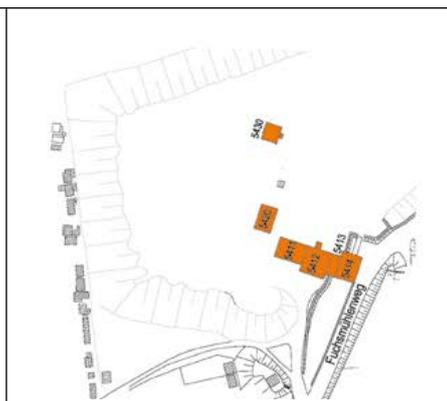
- 2740 UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
- 7541 SCHLOSSPLATZQUARTIER
- 7550 SCHLOSS FREUDENSTEIN

INNENSTADT

- 7111 SILBERMANNSTRASSE 1
- 7223 BRENNHAUSGASSE 5
- 7310 WERNER-BAU
- 7510 UNIVERSITÄTSHAUPTGEBÄUDE

'REICHE ZECH'

- 5111 HAUS 1
- 5185 VIRTUHCON-NEUBAU
- 5211 LITHOTHEK
- 5270 KARL-NEUBERT-BAU
- 5279 FORSCHUNGS- UND LEHRBERGWERK
- 5280 STEIGERHAUS



Bauzustand und bauliche Entwicklungsplanung August 2014. Oben Campus, unten Außenstandorte Reiche Zeche, Alte Elisabeth und Lessingstraße 45 (v.l.)

wurden von der Staatsregierung in die Zielvereinbarung³⁸ mit der TU Bergakademie Freiberg wie auch in den ersten

³⁸ Zielvereinbarung gemäß § 10 Abs. 2 SächsHSFG zwischen TU Bergakademie Freiberg und dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst vom 11. Dezember 2013, S. 6.

Regierungsentwurf zum Doppelhaushalt 2015/2016 und zur mittelfristigen Finanzplanung des Freistaats Sachsen aufgenommen. Sollte eine Veranschlagung im Haushaltsplan durch den Landtag beschlossen werden, würden in den nächsten sieben Jahren ca. 200 Millionen

EUR an Bauinvestitionen getätigt, und die TU Bergakademie Freiberg würde am Ende dieser Periode ähnlich wie in den 1950/60er-Jahren auch mit ihrer baulichen Infrastruktur getreu ihrem Motto »... nachhaltig glänzend neu« eine besondere Attraktivität ausstrahlen.

Education, Investigation, Inspiration

Die Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg

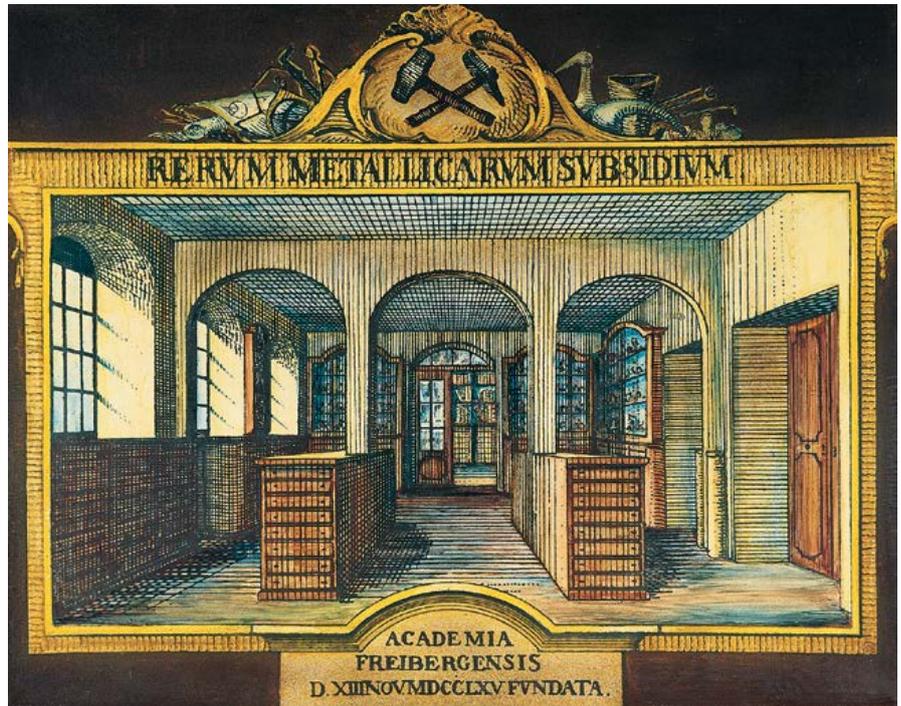
Jörg Zaun, Gerhard Heide, Andreas Massanek, Anna Dziwetzki

Mit diesen drei Schlüsselbegriffen im Titel lassen sich die Geschichte und die Zukunft der Sammlungen an der TU Bergakademie Freiberg zusammenfassen.

Education

Lehrsammlungen standen am Anfang der 250-jährigen Geschichte der TU Bergakademie Freiberg. Als Prinzregent Xaver 1765 Freiberg besuchte, wurde ihm unter anderem die kleine Sammlung von Stufen, Modellen und Instrumenten präsentiert, die sich Oberberghauptmann Friedrich Wilhelm von Opper für die Ausbildung von Stipendiaten zugelegt hatte. Das damalige Argument, dass diese Sammlung den Ansprüchen einer modernen Lehre nicht mehr genüge, sollte die Anregung zur Gründung der Bergakademie untermauern. Die Oppelsche Sammlung wurde vom Staat für 1.000 Taler als Grundstock für die Bergakademie angekauft und schnell weiter ausgebaut. In den nachfolgenden 250 Jahren veränderten sich Zahl, Ausstattung und Schwerpunkt der Lehrsammlungen kontinuierlich. Neue technologische und wissenschaftliche Entwicklungen veränderten die Anforderungen an die Lehre und damit auch an die Lehrmittel. Die Neubesetzung eines Lehrstuhls oder die Schaffung neuer Lehrstühle konnte aber auch zu Brüchen in der Traditionslinie der Sammlungen führen: Sammlungen wurden geteilt, neu angelegt, auf neue Schwerpunkte ausgerichtet, vernachlässigt oder aufgelöst.

Sammlungen haben aber bis heute ihre zentrale Funktion in der akademischen Lehre behalten. Insbesondere gilt dies an der Bergakademie natürlich für die Geowissenschaften. Die Freiburger Geowissenschaftlichen Sammlungen unterhalten für die Ausbildung vier Ausstellungen, die mit ihren Schaustufen systematisch die Vorlesungen und Seminare der Mineralogie, Petrologie, Lagerstättenlehre sowie der Stratigraphie/Paläontologie begleiten. Diese Ausstellungsräume befinden sich entsprechend ihrem inhaltlichen Bezug zu den Professuren im Abraham-Gottlob-Werner-Bau des Instituts für Mineralogie und im Alexander-



Blick in den Stufensaal und die Bibliothek der Bergakademie, Kolorierter Kupferstich nach einer Darstellung von Johann Gottlieb Kern, Freiberg 1769. Kolorierter Kupferstich, Titelvignette des Buches „Bericht vom Bergbau“ von J. G. Kern 1769 bzw. 1772

von-Humboldt-Bau des Instituts für Geologie. Die kohlegeologische Sammlung und die mineralogischen Ausstellungen im Schloss Freudenstein und im Krügerhaus haben eine Sonderstellung inne. Sie dienen als Lehrangebot für die studentische Bildung und sind Grundlage wissenschaftlicher Arbeit. Wie auch Botaniker oder Zoologen sind Mineralogen und Geologen auf Lehrsammlungen angewiesen, da sich nur mit ihrer Hilfe die stoffliche Vielfalt der Natur und die sie beherrschenden Gesetzmäßigkeiten begreiflich machen lassen. Arbeitsgrundlage in diesen Disziplinen ist die Fertigkeit, Objekte korrekt ansprechen und bestimmen zu können – zunächst mit Hilfe äußerer Kennzeichen und Merkmale. Diese Fertigkeit kann nur in bzw. mit Sammlungen vermittelt bzw. erworben werden. Ähnliches trifft auch beispielsweise auf Sammlungen der Archäologie, von Maschinenelementen, des Musikinstrumentenbaus oder der Kunstwissenschaften zu, die durch gegenständliche Veranschaulichung der Schöpferkraft der Menschen einen weiteren bildungsrelevanten Aspekt besitzen. Eine zweite



Seminar »Mineralbestimmung mit Hilfe der äußeren Kennzeichen«

Aufgabe neben der Betreuung der Ausstellungen ist die Unterstützung bei der Bereitstellung von Material für die fachspezifischen Übungskollektionen, auch für die entsprechenden Dünn- und Anschliffsammlungen. Übungssammlungen unterliegen dem Verschleiß und nutzen sich ab, wie dies beispielsweise bei den Übungen zur Bestimmung der Ritzhärte und der Strichfarbe von Mineralen der Fall ist.

Aber auch in zahlreichen anderen Fächern werden Sammlungen in der Lehre genutzt. In den Vorlesungen zur anorganischen Chemie wird noch heute auf den von Clemens Winkler begründeten



TU Bergakademie Freiberg, D. Müller

Dr. Löbel mit Studenten beim Erläutern der Nachführmethode in der Sammlung historischer markscheiderischer und geodätischer Vermessungsinstrumente

Fundus chemischer Präparate zurückgegriffen. Grundlegende Messprinzipien im Markscheidewesen lassen sich an manchem historischen Gerät sehr viel anschaulicher vermitteln als an modernen, gekapselten Geräten. Die Folgen eines Fehlers in der Verarbeitung und Vergütung von Eisenwerkstoffen lassen sich an fehlerhaften Bauteilen eindringlicher erklären als durch abstrakte Diskussion.

Manche Lehrsammlung hat im Laufe der Geschichte ihre Funktion verloren, blieb aber trotzdem erhalten. Dies kann man heute als Chance nutzen. So gibt es derzeit Überlegungen, historische Physikversuche in aktuelle Vorlesungen zur Experimentalphysik zu integrieren und das ihnen innewohnende didaktische Potenzial zu nutzen.

Investigation

»Wissenschaftliche Sammlungen sind eine wesentliche Infrastruktur für Forschung«¹ – so leitet der Wissenschaftsrat 2011 seine »Empfehlungen zu wissenschaftlichen Sammlungen« ein. Auch an der Bergakademie beginnt die Forschung mit und in der Sammlung. Erst mit Abraham Gottlob Werner wandelte sich die Bergakademie von einer Lehranstalt in eine Lehr- und Forschungsinstitution, und Werners Forschungsinfrastruktur war im Wesentlichen seine umfangreiche Sammlung, die er in jahrelanger Arbeit zusammentrug.

Heutige Fragestellungen an die Geowissenschaftlichen Sammlungen gehen weit über Fragen zur Systematik hin-

aus. Sie haben ihren Zielpunkt in der Entwicklung des Verständnisses von Prozessen und von Struktur-Eigenschaft-Beziehungen. Eine Herausforderung in den Geowissenschaften sind die komplexen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, die sehr facettenreich, weit zurückliegend und demzufolge oft noch ungeklärt sind. Die geowissenschaftlichen Sammlungen ermöglichen aber nicht nur das Arbeiten mit Anschauungsmaterial, sondern erfordern das Arbeiten auch in der Sammlung selbst. Um die Aufgaben in Lehre und Forschung wahrnehmen zu können, sind das Bewahren bzw. der Erhalt und die Weiterentwicklung – die Pflege – der Sammlung essenziell. Die Ausstellungen mit ihren Schausammlungen müssen für

die Lehre stets auf dem aktuellen Wissens- und Sachstand gehalten werden, und es gilt, den Sammlungsbestand um Neufunde weiterzuentwickeln.

Der Wert einer Sammlung lässt sich aber nicht nur an ihrem Beitrag zum aktuellen Forschungsoutput bemessen. Sammlungen sind oft Datengrundlage für die Klärung wissenschaftlicher Fragen von morgen; sie enthalten Proben, die heute so nicht mehr, oder nur mit sehr großem Aufwand zu gewinnen wären. In den geowissenschaftlichen Sammlungen befindet sich sehr viel Material aus Lagerstätten, die entweder heute nicht mehr zugänglich oder vollständig abgebaut sind.

Die seit vielen Jahren auf einem Dachboden schlummernde Sammlung zur Nichteisenmetallurgie enthält Schlacken und Zwischenprodukte aus Muldenhütten und Halsbrücke, die im 19. Jahrhundert gewonnen wurden. In einem mit dem Deutschen Bergbaumuseum Bochum geplanten Forschungsprojekt soll nun untersucht werden, welche Erkenntnisse über die historischen Verhüttungsprozesse sich aus diesen Proben ableiten lassen. Der ehemalige Präsident der DFG, Peter Strohschneider, hat es auf den Punkt gebracht: »Zu dieser, ihre spezifische Bedeutung für die wissenschaftliche Forschung mitkonstituierenden Fähigkeit der Sammlung, die Aufmerksamkeit auf Unvorhersehbares zu wahren, will ich »Latenz« sagen.«² Welche Fragen die Wissenschaftler morgen stellen, können wir nicht voraussehen, die Latenz der Sammlungen aber können wir anerkennen und bewahren.



Susanne Paskoff, Freiberg

Studenten während ihres Selbststudiums in der Ausstellung der systematischen Mineralogie der Geowissenschaftlichen Sammlung im Abraham-Gottlob-Werner-Bau

Inspiration



Andreas Massanek, Freiberg

Baryt, Jinkouhe, Sichuan, China, 45 × 30 cm,
Sammlung der Pohl-Ströher-Mineralienstiftung

Wohl kaum an einem anderen Ort wird die Faszinations- und Inspirationskraft von Sammlungen handgreiflicher als im Schloss Freudenstein und im Krüger-Haus. Am 23. Oktober 2008 öffnete die neue mineralogische Ausstellung terra mineralia im Schloss Freudenstein zu Freiberg ihre Pforten für die interessierte Öffentlichkeit. Die Formulierung »interessierte Öffentlichkeit« ist nicht irgendeine wohlklingende Floskel, denn im ersten Jahr des Bestehens der Ausstellung konnten bereits 200.000 Besucher gezählt werden, und im Rahmen der Feierlichkeiten zum 850. Jubiläum der Stadt Freiberg im Jahr 2012 wurde sogar die Zahl 500.000 überschritten. Im selben Jahr im Oktober konnte auch ein weiteres Highlight, das Krüger-Haus, dank des persönlichen Engagements von Herrn und Frau Krüger und mit Unterstützung der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung eröffnet werden, vor dem sich ebenfalls lange Schlangen bildeten. Ermöglicht wurde dieses Ereignis durch die Gründung zweier mineralogischer Stiftungen: der Pohl-Ströher-Mineralienstiftung 2004 und der Stiftung Mineralogische Sammlung Deutschland im Jahr 2008. Mit der Stiftung »Mineralogische Sammlung Deutschland« wurde 2008 die Keimzelle für eine deutsche Nationalsammlung geschaffen. Hier sollen Minerale, die aus wissenschaftlicher, historischer oder ästhetischer Sicht bedeutsam sind sowie geowissenschaftlich relevante Exponate mit dem Ziel gesammelt werden, mineralogisches Kulturgut zu sichern und zu bewahren – bei gleichzeitiger Nutzung für Forschungs- und Lehrzwecke. Beide Mineralsammlungen sind nach regionalen Gesichtspunkten geordnet.

Frau Dr. Pohl-Ströher hat mit Erfolg versucht, möglichst viele bekannte Mineralarten einer Lagerstätte zusammenzutragen und vor allem auch die verschiedenen Erscheinungsformen



Susanne Paskoff, Freiberg

Blick in die Ausstellung »Mineralogische Sammlung Deutschland« im Krüger-Haus

eines Minerals zu belegen. Dabei galt ihr besonderes Augenmerk der Qualität und der ästhetischen Anmutung der Stufen, so dass die Sammlung einen großen Schauwert erlangte. Die Kollektion wuchs in einer Zeit, als es den verantwortlichen Betreuern der Freiburger Sammlung nur beschränkt möglich war, internationale Spitzenstücke zu erwerben. Es gab zu DDR-Zeiten weder die Reismöglichkeiten, die es erlaubt hätten, an bedeutenden Mineralverkaufsmessen teilzunehmen, noch finanzielle Mittel, um an internationalen Vergleichen standhaltendes Material heranzukommen. So gesehen ist diese private Kollektion eine hervorragende Ergänzung der wissenschaftlich schon wertvollen Geowissenschaftlichen Sammlungen der Freiburger Alma Mater. Beim größten Teil der Mineralstufen der Sammlung Pohl-Ströher handelt es sich um Kabinettstücke von hoher Qualität. Der Betrachter wird durch die Farben- und Formenvielfalt ideal ausgebildeter Kristalle optisch überwältigt. Die Glanzstücke, die den Besucher erwarten, stammen aus allen Teilen der Welt. Dabei handelt es sich sowohl um Minerale aus klassischen als auch von in neuerer Zeit erst erschlossenen Fundstellen. Um den faszinierenden Charakter der Sammlung zu bewahren, wurde entschieden, eine Art mineralogischer Weltreise in der Ausstellung terra mineralia zu präsentieren. In vier großen Sälen werden die Minerale, nach Kontinenten geordnet ausgestellt. Diese Säle tragen die Namen Europa, Afrika, Amerika und Asien (mit Austra-

lien). Innerhalb dieser nach Kontinenten benannten Räume wurden die Minerale nach Ländern und Fundstellen angeordnet. Dabei gibt es natürlich Schwerpunkte, die zum Einen aus dem verfügbaren Angebot des jeweils aktuellen Marktes und zum Anderen aus privaten Interessen resultieren. Einer der größten Wünsche der Stifterin war es, mit der von ihr initiierten Ausstellung vor allem wieder junge Menschen für die Schönheiten der Natur und die Naturwissenschaften zu begeistern. Um das zu realisieren, wurden Abstecher von der Route der mineralogischen Weltreise eingerichtet, wo die Besucher auf Entdeckungstour gehen und noch etwas mehr erfahren können. Im Krüger-Haus werden ausschließlich Minerale aus Deutschland gezeigt. Die dort realisierte konsequente Fortsetzung der Idee der Ausstellung terra mineralia ermöglicht eine mineralogische Reise durch Deutschland. Über insgesamt vier Etagen stellen sich die mineralogisch interessantesten Regionen des Landes vor.

Grundlage dieser beiden Dauerausstellungen ist das Depot im Neuen Haus des Schlosses, das Minerale für die Studierenden und Wissenschaftler der TU Bergakademie Freiberg und anderer Einrichtungen zu Forschungszwecken bereithält. Denn die terra mineralia gilt als eine wissenschaftliche Ausstellung und wird zu Lehr- und Forschungszwecken von Studierenden und Lehrkräften einer ganzen Reihe von Fachrichtungen intensiv genutzt. Dazu zählen Geologen, Mineralogen, Kristallographen, Chemiker, Lagerstättenkundler, Werkstoffwissen-



Susanne Paskoff, Freiberg

Seminar Edelsteinbestimmung im Seminarraum des Krüger-Hauses

schaftler, Bergbauingenieure und sogar Architekten. Sie studieren, forschen und lehren an Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf der ganzen Welt: in den USA, in Russland, der Schweiz, China, Polen etc.

In der »Forschungsreise«, dem Wissenschaftszentrum der terra mineralia, entdecken hingegen immer mehr Schüler und auch Vorschulkinder ihre Begeisterung von den Naturwissenschaften. Schüler und Besucher kommen hier in direkten Kontakt mit angehenden Wissenschaftlern; Studierende nutzen die Mikroskope, darunter das Rasterelektronenmikroskop, für ihre Qualifizierungsarbeiten. Altersgerechte Schulprogramme, die an den sächsischen Lehrplan angelehnt sind, zeigen schon den ganz Kleinen, wo uns im Alltag die Geologie und die Mineralogie begegnen. Studierende der TU Bergakademie Freiberg führen anhand von spannenden Experimenten Programme vor, wie »Alles nur ein Stein?«, »Es brodelte im Vulkan!«, »Kohlenstoff: Vom Graphit zum Diamant« sowie »Vom Quarz zum Glas«. Hunderte von Schulklassen erfüllen so jedes Jahr die Dauerausstellung der TU Bergakademie mit viel Leben! Und wer weiß, vielleicht hat der eine oder andere kleine Besucher in der terra mineralia Anregung für seine persönliche Sammlung erhalten und wird eines Tages, inspiriert durch die terra mineralia, an der TU Bergakademie studieren.

In vielen Gebäuden der Hochschule haben sich Objekte und Sammlungen erhalten, die einen Bezug zu herausragenden Gelehrten oder besonderen Ereignissen haben. Als Beispiele können hier die Weisbach- oder die Rammler-Sammlung genannt werden. Die Erinnerung zu bewahren, ist an der TU Bergakademie Freiberg keineswegs nur Selbstzweck, sondern gehört zum Fundament unserer Identität und ist uns Inspiration für die Zukunft.

Bewahren und Erschließen

Voraussetzung dafür, dass die Sammlungen ihre Funktion auch erfüllen können, ist ihre Bewahrung und Erschließung. Gerade Sammlungen, die aktuell in Forschung und Lehre nicht mehr eingesetzt werden, fristen oft ein Schattendasein. Auf das Potenzial solcher Sammlungen, ihre Latenz, wurde schon verwiesen. Damit dieser Schatz aber gehoben werden kann, müssen die Sammlungen erhalten bleiben und erschlossen werden. Sehr viel früher als in der damaligen DDR das Problem der Sammlungsbewahrung angegangen. Bereits in den 1980er-Jahren wurden Kustodien an den Universitäten eingerichtet. Mit der Denkschrift des Wissenschaftsrats hat sich inzwischen bundesweit das Engagement zur Stärkung wissenschaftlicher Sammlungen als Forschungsinfrastruktur deutlich intensiviert. Auch an der TU Bergakademie Freiberg hat man mit der Verabschiedung einer Ordnung für die Sammlungen im Jahr 2014 einen weiteren Schritt getan, um die Empfehlungen des Wissenschaftsrats umzusetzen.

Natürlich haben zahlreiche Objekte im Laufe der Geschichte auch Schaden genommen. In den 1970er-Jahren wurde damit begonnen, die lange Zeit vernachlässigte und auf verschiedene Standorte



Foto: M. Schwan

Der Feuerlöscheimer der Bergakademie aus dem frühen 19. Jahrhundert wurde im Rahmen einer Studienarbeit an der HTWK Berlin restauriert.

verstreute Sammlung Bergbaukunde wieder zu rekonstruieren. Das Schauderdepot der Modellsammlung auf der Reichen Zeche ist heute ein besonderes Schmuckstück der TU Bergakademie Freiberg. Seit 2008 gibt es außerdem eine enge Kooperation mit dem Lehrstuhl für Restaurierung technischen Kulturguts an der HTWK Berlin. Im Rahmen von Studienarbeiten werden hier Stücke aus unseren Sammlungen restauriert und neue Restaurierungsmethoden getestet. Damit sind die Objekte nicht nur für die Bergakademie Freiberg gerettet, sondern auf neue Weise in Lehre und Forschung integriert.

Mit dem derzeit laufenden DFG-Projekt »Digitalisierung und Erschließung der Kennzeichensammlung von Abraham Gottlob Werner, der Dünnschliffsammlung und der kohlegeologischen Sammlung und Aufbau eines webbasierten Datenbankssystems« wird die TU Freiberg einen entscheidenden Schritt nach vorn gehen und die Sammlungen auch anderen Wissenschaftsdisziplinen, wie beispielsweise der Wissenschaftsgeschichte, zugänglich machen.

Die Freiburger Geowissenschaftlichen Sammlungen haben indes eine zusätzliche Bedeutung – neben ihren Funktionen für Lehre und Forschung. Teil- bzw. Spezialsammlungen sind Kulturgut, da sie ihren Ursprung in der Geburtsstunde am Geburtsort der Geowissenschaften haben. Hierzu gehören vor allem die Edelstein-, die oryktognostische und die Kennzeichen-Sammlung von Abraham Gottlob Werner. Die Geowissenschaftlichen Sammlungen zählen in einer Reihe mit den Universitätssammlungen von Padua, Lund, Uppsala, St. Petersburg und Madrid und den naturwissenschaftlichen Museen von Dresden, Moskau, Wien und London zu den zehn ältesten ihrer Art. Nach Umfang und Qualität gehören sie heute neben den Sammlungen und Museen von London, Washington, Paris und Sankt Petersburg zu den bedeutendsten der mehr als 450 großen geowissenschaftlichen Kollektionen der Welt.

Literatur

- 1 Wissenschaftsrat: Empfehlungen zu wissenschaftlichen Sammlungen als Forschungsinfrastrukturen (Drs. 10464-11), Januar 2011, <http://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/10464-11.pdf> (18.07.2014).
- 2 Peter Strohschneider: Faszinationskraft der Dinge. Über Sammlung, Forschung und Universität, in Denkströme. Journal der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Heft 8 (2012), http://denkstroeme.de/heft-8/s_9-26_strohschneider (18.07.2014).



Studentische Mitgestaltung des Universitätslebens

Michael Schächinger

2015 feiert nicht nur unsere Universität ein großes Jubiläum – auch ihr Studentenrat, einer der ersten in Sachsen gegründeten Studentenräte, wird 25 Jahre alt. Gemessen an der Zahl ihrer Mitglieder (5.575 immatrikulierte Studenten im Wintersemester 2013/2014) verkörpert die Studentenschaft der TU Bergakademie (bei ca. 2.200 Mitarbeitern und 86 Professoren) etwa 70 % der Angehörigen der Universität. Daraus resultiert u. a. das günstige Betreuungsverhältnis Studenten/Mitarbeiter in Freiberg. Die Studenten bekommen schnell Kontakt zu den Professoren, finden immer ein offenes Ohr für ihre Probleme. Dieses Klima strahlt auch in die Gremienarbeit aus. Man trifft sich mit Abteilungsleitern der Universitätsverwaltung, den Dekanatsmitgliedern und dem Rektorat zum direkten Meinungsaustausch.

Die Gremienlandschaft an unserer Uni wirkt auf den ersten Blick etwas unübersichtlich. Das ist auch dem Positivum geschuldet, dass die Studenten seitens der Universitätsleitung ernst genommen und aktiv zu Rate gezogen werden. Obwohl vom Land Sachsen in den Ordnungen nicht zwingend gefordert, wird praktiziert, dass Studenten mit beratender Stimme Mitglieder in bestimmten Gremien sind. Im Studentenrat selbst und in den Fachschaftsräten arbeiten

momentan 56. Der jeweilige Fachschaftsrat (7–9 gewählte Mitglieder) vertritt die Interessen der Studenten seiner Fakultät – im Unterschied zur TU in Dresden, bei der auf 14 Fakultäten 22 Fachschaftsräte verteilt sind. Diese Gremien werden zudem durch freiwillige Helfer aus den Reihen der Studentenschaft unterstützt, um die diversen Veranstaltungen und Projekte realisieren zu können. Die Fachschaftsräte wählen aus dem Kreis der verfügbaren Kandidaten bis zu drei Studenten in den Studentenrat. In der aktuellen Legislaturperiode ist so ein Studentenrat, der aus 13 Mitgliedern besteht, aktiv; nur zwei davon waren bereits vorher in diesem Gremium tätig.

Der Bologna-Prozess hatte erhebliche Auswirkungen auf die Gremien-Struktur in Freiberg (u. a. verlässt eine beachtlich große Anzahl von Studenten die Gremien nach dem Bachelorabschluss). Die Anzahl derjenigen Schüler und Bachelorabsolventen, die sich für ein Studium in Freiberg entscheiden, hängt auch von der Studiengebühren-Situation in Deutschland und von Umstellungen in der gymnasialen Ausbildung (G9 vs. G8) ab. Für die Qualität der Gremienarbeit ist es wichtig und notwendig, sich selbst für etwas begeistern zu können, das Selbstvertrauen zu haben, eine Idee zu verwirklichen und dabei den Überblick

zu behalten, ohne sein Studium zu vernachlässigen. Die Frage ist, ob ein gerade mal 18-jähriger Abiturient, der nie neben seiner Schulausbildung gearbeitet und weder beim Bund noch als »Zivi« gedient hat, reif dafür ist, die zugehörige Teilverantwortung für andere zu übernehmen. Aktive Mitarbeit in Gremien und Vereinen befördert aber die Persönlichkeitsentwicklung. Nirgendwo sonst an der Uni hat man die Möglichkeit, in einer so großen Gruppe gemeinsam zu arbeiten und sich auszuprobieren, sich weiterzubilden und Kontakte zu knüpfen.

In Sachsen ist die Rolle der Vertretung der Studierendenschaft gesetzlich festgeschrieben. 2013 wurde das Hochschulfreiheitsgesetz durch die Passage über die Möglichkeit zum Austritt aus der verfassten Studierendenschaft erweitert. Jeder Student in Freiberg kann sich nun nach einem Semester entscheiden, ob er weiterhin 7€ pro Semester zahlen möchte, um die Arbeit der Gremien zu unterstützen und von deren Angebot zu profitieren oder ob er austreten möchte. Diese Regelung traf an vielen Hochschulen in Sachsen auf Widerstand, in Freiberg aber kaum. Allgemein wird in Freiberg die Tätigkeit in Gremien und Vereinen als Ehrenamt angesehen. Die Studenten, die sich engagieren, tun dies aus eigenem Antrieb zum Wohle der Universität und Freibergs, beispielsweise als Mitglied im Referat »Studentenwerk und Soziales« im Studentenrat, das eigenständige Beratungen zu den Themen BAföG, Wohnungssuche oder Studieren mit Behinderung anbietet. Würden diese und zahlreiche

weitere Angebote durch die Gremien nicht befürwortet und respektiert, wäre wohl schon ein großer Anteil der Studenten aus der verfassten Studierendenschaft ausgetreten. Dies ist aber nicht der Fall. Das belegen auch die Verhandlungen für ein Semesterticket in Freiberg, ein Thema, das – gefühlt – alle zwei bis drei Jahre wieder »hochkocht«. 2014 kam es erstmalig zu einem Studentenentscheid, an dem 61 % der Studenten teilgenommen haben; rund zwei Drittel davon waren gegen die Einführung eines Semestertickets. Auch für Themen, wie das der Sanierung in die Jahre gekommener Gebäude, des dringenden Neubaus der Bibliothek oder des Widerstands gegen die durch die Landesregierung geplanten Stellenkürzungen, engagiert sich die Studentenschaft. Hieraus ist erkennbar, dass die studentische Selbstverwaltung funktioniert. Aber es ist schwieriger für die Studenten geworden, die dafür notwendige Zeit zu finden. Ursachen hierfür sind nicht nur das umfangreiche fachliche Arbeitspensum, sondern auch das große

Angebot an alternativen Betätigungsmöglichkeiten. Neben dem Studentenrat und den Fachschaftsräten gibt es Vereine und Klubs sowie vom »Stura« gegründete Arbeitsgemeinschaften, in denen man sich engagieren kann – von Studententeams, die ein nachhaltiges Bewusstsein fördern wollen, über Brettspiel-Enthusiasten und Börsenspekulanten bis hin zu Organisatoren feucht-fröhlicher Feste.

Wenn das Geld, das von den Studenten kommt, also nicht für das Semesterticket eingesetzt wird, wofür dann? Vom 7-€-Semesterbeitrag führt der Studentenrat 3 € an den Fachschaftrat der jeweiligen Fakultät ab. Die übrigen 4 € verwaltet der Studentenrat selbst, um eigene Projekte zu finanzieren, eine Sekretärin zu beschäftigen, die als tägliche Anlaufstelle für alle Studenten fungiert, und um Arbeitsgemeinschaften sowie andere Vereine zu unterstützen. Die intensive Zusammenarbeit der Gremien und Vereine ist ein Merkmal der Freiburger Gremienkultur. Für Studenten bietet sich durch die Arbeit in einem Gremium

oder Verein also eine gute Möglichkeit, sich persönlich weiterzuentwickeln und andere engagierte Studenten und Freiburger kennenzulernen. Ein sichtbarer Ausdruck dieser Zusammenarbeit ist die jährliche Durchführung der Freiburger Studententage – einer Veranstaltung, die auch über Freibergs Grenzen hinaus bekannt ist. An drei Tagen wird von und mit den Studenten ein buntes Programm aus Kultur, Sport und Spaß gestaltet. Im Jubiläumsjahr umfasst das zugehörige Veranstaltungspaket ein großes Sportfest (14. April) und einen Kulturtag (20. Mai).

Jährlich neu hinzukommende Studenten und Ideen sowie veränderte Rahmenbedingungen erfordern ein intensives, zunehmend produktives Mitdenken der Studenten. Man lernt dabei die Kommilitonen und Mitarbeiter immer besser kennen.

Die Erfahrung zeigt generell, dass ehemalige Gremienmitglieder zumeist weiterhin engagiert bleiben und ihr Einsatz auch von ihren späteren Arbeitgebern als Pluspunkt geschätzt wird.

Zwischenbilanz zum Projekt »Maßnahmen für erfolgreiches Studieren an einer international orientierten Ressourcenuniversität«

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser

Im Sommersemester 2011 konnten sich Mitarbeiter und Studierende der TU Bergakademie Freiberg (Bergakademie) über eine besondere finanzielle Zuwendung freuen. Im Rahmen des Wettbewerbs des Bund-Länder-Programms für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre (»Qualitätspakt Lehre«) wurde das vom damaligen Prorektor für Bildung, Professor Dirk C. Meyer, gemeinsam mit Vertretern der Fakultäten und zentralen Einrichtungen entwickelte Konzept »Maßnahmen für erfolgreiches Studieren an einer international orientierten Ressourcenuniversität« mit dem Akronym MESIOR zur Förderung bewilligt. Grundlage für die Antragstellung war eine umfassende Stärken-Schwächen-Analyse. Die Bergakademie erhält aus diesem Projekt insgesamt rund 7,6 Millionen Euro, die bis zum September des Jahres 2016 zur Verbesserung der Studienbedingungen und zur Erhöhung der Qualität in der Lehre eingesetzt werden sollen. Die bewilligte Summe ist dabei – auch im Vergleich zu den Fördervolumina anderer erfolgreicher Hochschulen – beträchtlich.

Der »Qualitätspakt Lehre« zielt auf die Verbesserung der Betreuung der Studierenden und der Lehrqualität an deutschen Hochschulen. Dies betrifft eine höhere Personalausstattung, Unterstützung bei der Qualifizierung des Personals und die Sicherung und Weiterentwicklung qualitativ hochwertiger Lehrangebote. Hierfür stellt der Bund zwischen den Jahren 2011 und 2020 insgesamt rund zwei Milliarden Euro zur Verfügung.

Im Zentrum von MESIOR steht eine Vielzahl abgestimmter Maßnahmen, die zugleich darauf gerichtet sind, die Zahl der Absolventen in den sogenannten MINT-Fächern, den Fachgebieten Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik, zu erhöhen. Vor diesem Hintergrund wurden seit dem Wintersemester 2011/12 zahlreiche innovative Projekte ins Leben gerufen und die Lehre personell gestärkt. Aktuell werden aus den Mitteln des Projekts 33 Wissenschaftliche und fünf Technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie 279 Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte finanziert. Außerdem stehen

den Fakultäten und Zentralen Einrichtungen Sachmittel für Neuerungen in der Lehre und für weitere Initiativen (siehe unten) zur Verfügung. Wichtige Kriterien der Erfüllung der Projektziele sind die Senkung der Zahl der Studienabbrecher, die Verkürzung der Studiendauer sowie die Erhöhung der Zahl weiblicher und qualifizierter internationaler Studierender. Darüber hinaus gilt es, das Studienangebot gezielt weiterzuentwickeln. Nach nunmehr der Hälfte der Projektlaufzeit zeigen diese Maßnahmen Wirkung, was an vielen Stellen durch ein positives Feedback seitens der Studierenden und Lehrenden dokumentiert ist.

Das nach der Erweiterung des Rektorats im Februar 2013 nunmehr im Prorektorat für Strukturentwicklung weiterhin unter Leitung von Professor Dirk C. Meyer angesiedelte Projekt wird von Dr. Carolin Butler-Manning mit großem Engagement koordiniert. Ein »Beirat für Qualitätssicherung«, in dem neben Studiendekanen und Mitarbeitern aus dem Mittelbau auch Studierende mitwirken, unterstützt die Arbeit der Koordinatorin

und gibt Anregungen zu den im Zusammenhang mit dem Projekt stehenden Themen und Entwicklungen.

Das in MESIOR festgeschriebene Maßnahmenpaket spannt den Bogen von Lehr- und Betreuungsangeboten für Schüler, Abiturienten, Studierende und Doktoranden bis hin zum berufsbegleitenden Studium. Der Großteil der Personalmittel wird für die Wahrnehmung von Lehraufgaben in den Fakultäten eingesetzt. Hinzu kommt die Finanzierung von Studentischen und Wissenschaftlichen Hilfskräften, die den Studierenden in Tutorien dabei helfen, den Lehrstoff zu vertiefen und zu festigen oder als Mentoren den Erstsemestlern den Einstieg in das Studium zu erleichtern.

Noch vor dem regulären Vorlesungsbeginn haben Studienanfänger an der Bergakademie auch dank MESIOR die Möglichkeit, ihre Kenntnisse in den für die Anfangsphase besonders wichtigen Grundlagenfächern, wie beispielsweise Mathematik oder Chemie, aufzufrischen bzw. auf den erforderlichen Stand zu bringen. Ein Pilotprojekt ist seit dem Wintersemester 2012/13 der zweiwöchige Intensivkurs Mathematik. Der Intensivkurs wurde gemeinsam von der Fakultät für Mathematik und Informatik, der Zentralen Studienberatung, dem Studentenbüro, dem Internationalen Universitätszentrum, der Graduierten- und Forschungsakademie sowie drei studentischen Vertretern in Kooperation mit der Sächsischen Bildungsagentur entwickelt. Eine Unterstützung findet diese Mathematikvorbereitung durch die Broschüre »Keine Angst vor Zahlen! Die Mathematik im Studium«, die allen Erstsemestlern zusammen mit den Immatrikulationsunterlagen zugesandt wird. Darin sind neben wichtigen Ratschlägen für Studienanfänger auch beispielhafte Übungsaufgaben enthalten, anhand derer die Mathematik-Vorkenntnisse getestet werden können. Zusätzlich wurde von den Mathematik-Absolventinnen Melanie Nentwich und Alina Ruziyeva ein umfangreiches Mathematik-Übungsheft erstellt, das auf wichtige einschlägige Grundlagen für das Studium eingeht.

Weitere Bestandteile des MESIOR-Projekts sind der Ausbau und die Überarbeitung bestehender Lehrangebote. So wurden etwa Lehrveranstaltungen für heterogene Hörergruppen entflochten, womit auf unterschiedliche Eingangsvoraussetzungen, insbesondere zu Studienbeginn, Rücksicht genommen



Foto: Alena Reatz

Studierende der Bergakademie bei einer Führung zum aktuell im Bau befindlichen Röntgen-Freie-Elektronen-Laser im Rahmen einer Exkursion an das Deutsche Elektronen-Synchrotron in Hamburg im März 2014

werden kann. Hinzu kommen die Erweiterung des Angebots von Übungen und Tutorien, die Einrichtung zusätzlicher Übungsgruppen und die Schaffung von Querverbindungen zu Studieninhalten anderer Module. Regelmäßige Fragestunden zu anstehenden Problemen bestimmter Vorlesungen, die Korrektur von Beleg-/Hausaufgaben sowie zusätzliche Prüfungsvorbereitung für diverse Lehrveranstaltungen runden das Portfolio ab. Diese Hilfestellungen konnten die Motivation der Studierenden in vielen Fächern merklich steigern und letztendlich zu einer vielerorts positiven Entwicklung der Prüfungsergebnisse beitragen. Daneben wurden neue Lehrgebiete etabliert, wie etwa durch die Installation der Professur für »Chemie in ionischen Flüssigkeiten und wässrigen Lösungen« oder den Entwurf von Modulen zur Bioinformatik.

Das MESIOR-Paket umfasst ferner Exkursionen, die es den Studierenden ermöglichen, Forschung an Großgeräten schon während der akademischen Ausbildung aktiv mitzuerleben und selbst durchzuführen. Dazu gehören regelmäßige Besuche am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) der Helmholtz Gemeinschaft und am Röntgen-Freie-Elektronen-Laser (XFEL) in Hamburg. Dabei lernen die Studierenden alle Bereiche der Forschungszentren kennen und werden anhand konkreter Experimente mit den dort bearbeiteten wissenschaftlichen Fragestellungen vertraut gemacht. Für das Jahr 2015 ist dort eine für die Lehre im akademischen Bereich maßgeschneiderte Messstation *Educational*

Beamline geplant, die für die Ausbildung in modernen Röntgenmethoden im Rahmen von MESIOR auch von größeren Studierendengruppen genutzt werden kann. Im Aufbau befindet sich zudem ein eigenständiges Synchrotron-Praktikum der Bergakademie, das in das Curriculum verschiedener Masterstudiengänge integriert werden soll und eine Reihe von Versuchen, insbesondere zur Röntgenfeinstrukturaufklärung und resonanten Röntgenstreuung, beinhaltet.

Das MESIOR-Projekt stellt zudem Mittel für Investitionen und Sachausgaben bereit. So konnten Geräte zur Modernisierung von Lehrveranstaltungen der Elektrotechnik und zur Neukonzipierung von Versuchen im Bereich Verfahrenstechnik erworben werden. Mit Hilfe der innovativen Systeme wird der Lernprozess der Studierenden gezielt unterstützt.

Im Bereich der Synthesechemie wurden Praktikumsaufbauten miniaturisiert, um Versuche im klassischen Labormaßstab zu ersetzen. Dies verringert das Risiko möglicher gesundheitlicher Belastungen der Studierenden und Lehrenden und minimiert die Kosten für Chemikalien, was gleichzeitig dem Anliegen, die Umwelt zu schonen, dient.

MESIOR zielt auch auf die Gewährleistung optimaler Studienbedingungen für ausländische Studierende. Der Strauß entsprechender Maßnahmen ist vielfältig und umfasst beispielsweise die personelle Verstärkung für das Angebot studienbegleitender Deutschkurse, von Intensivkursen zur Vorbereitung ausländischer Studienbewerber, von Sprach- und Orientierungskursen in der vorlesungsfrei-



Foto: Sandra Jähmig

Auch im Praktikum »Stöchiometrisches Rechnen und qualitative anorganische Stoffanalyse« wird im Rahmen von MESIOR an der Miniaturisierung gearbeitet; so verwenden Studierende Eppendorf-Pipetten, um kleinste Probenmengen für ihre Analysen zu untersuchen.

en Zeit und von Beratungsangeboten zu Fragen rund um einen Studienaufenthalt an der Bergakademie. Zusätzlich zur Durchführung von Orientierungstagen für ausländische Studierende und Informationsveranstaltungen werden zu Semesterbeginn an einem sogenannten *Welcome Point* Fragen zu Sprachkursen, zur Krankenversicherung und zur Studienfinanzierung beantwortet.

Neben der Verbesserung der personellen Ausstattung im Bereich der Lehre im engeren Sinne sieht MESIOR flankierende, fakultätsübergreifende Aktivitäten vor. Zu nennen ist hier die Einrichtung einer psychosozialen Beratungsstelle, deren Arbeit in erster Linie einem vorzeitigen Studienabbruch entgegenwirken soll. Dort bekommen Studierende, die etwa unter Prüfungsangst leiden oder sonstige persönliche Probleme haben, Hilfe durch Einzel- und Gruppengespräche. Auch Informationsveranstaltungen, Workshops, Seminare oder sogenannte Studienabschlusscoachings, u. a. angeboten in Zusammenarbeit mit der Universitätsbibliothek als »Lange Nacht der aufgeschobenen Hausarbeiten«, werden nachgefragt.

Das MESIOR-Teilprojekt »Barrierefreies Studium an der TU Bergakademie Freiberg« widmet sich besonderen Bedürfnissen von Studierenden mit Einschränkungen. Dadurch werden bereits seitens der Bergakademie und des Studentenwerks gebotene Hilfestellungen abgerundet. Basierend auf einer Recherche und Analyse der Schwierigkeiten, denen Studierende mit Einschränkungen



Friederike Kersten, Absolventin des Masterstudiengangs »Photovoltaik und Halbleitertechnik«, und Professor Dirk C. Meyer machen sich für ein barrierefreies Studium an der Bergakademie stark.

gegenüberstehen, wurde, koordiniert durch die seinerzeitige Studentin und heutige Absolventin im Studiengang »Photovoltaik und Halbleitertechnik«, Friederike Kersten, ein entsprechendes Konzept erarbeitet, das noch bestehende Barrieren beseitigen soll. Studentische Hilfskräfte können etwa durch Vorlesen von Texten, Mitschreiben in Veranstaltungen oder Tipparbeiten allen eine weitestgehend gleichberechtigte und selbstständige Teilhabe am Studium sowie am studentischen Leben ermöglichen.

Auf dem Gebiet der Studienberatung finanziert MESIOR unter anderem Veranstaltungen zur Vorstellung der Bergakademie an Gymnasien, die Teilnahme an Berufsorientierungsmessen und die Erstellung qualifizierter Studieninformationsmaterialien. Eine besondere Form der Studienorientierung ist das sog. *Online Self Assessment*, das derzeit als Pilotprojekt für einzelne Studiengänge erprobt wird. Dabei stehen die besonderen Neigungen und Fähigkeiten der Studieninteressierten im Vordergrund. Ein Abgleich mit den Anforderungen des interessierenden Studienfachs kann so via Internet von überall her erfolgen.

Zur Erhöhung der Qualität der wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung und zur Steigerung der Effektivität der Lehr- und Lernprozesse stellt MESIOR Mittel zur Etablierung und zum Unterhalt einer Koordinationsstelle *E-Learning* bereit. Neben der Bündelung vorhandener *E-Learning*-Initiativen unterstützt diese vor allem Lehrende und Studierende im Sinne einer zentralen Dienstleistung. Zusätzlich zur Erarbeitung eines *E-Learning*-Didaktik-Konzepts für die Bergakademie werden Hilfestellungen beim Umgang mit *E-Learning*-Werkzeugen und Diensten wie OPAL, DRUPAL und Turnitin angeboten. Es ist vorgesehen, so geschaf-

fene Neuerungen für die Lehre über die Universitätsgrenzen hinaus auch im Rahmen des Hochschuldidaktischen Zentrums Sachsens weiterzutragen.

Der Aufbau einer im Zuge der Modularisierung der Studiengänge dringend benötigten Moduldatenbank, in der alle Lehrangebote der Bergakademie und ihre Vernetzungen systematisch erfasst sind, ist eine weitere wichtige Aktivität im Rahmen von MESIOR. Bislang lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Entwicklung der erforderlichen Software und der fehlerfreien Integration aller Modulbeschreibungen. Die Datenbank wird künftig die Verwaltung der Module und Modulinhalt und auch das automatisierte Erstellen von Studien- und Prüfungsplänen sowie von Modulhandbüchern ermöglichen.

Auch die Nutzer der Universitätsbibliothek profitieren von der Unterstützung durch MESIOR. So konnten die Öffnungszeiten erweitert werden, womit Studierende die Bibliothek nun von Montag bis Freitag in der Zeit von 7 bis 24 Uhr und samstags und sonntags im Zeitraum von 10 bis 22 Uhr nutzen können. Damit wird zugleich dem Mangel an Bibliotheksarbeitsplätzen begegnet. Außerdem stehen studentische Mitarbeiter im Foyer für Anfragen zur Verfügung.

Insgesamt hat MESIOR einen messbaren Nutzen für die Bergakademie erbracht, womit zugleich der Intention des »Qualitätspakts Lehre« entsprochen wird. Grundlage für diese Einschätzung bilden auch jährlich verfasste Umsetzungsberichte aus den Fakultäten und den Zentralen Einrichtungen.

Ein Wermutstropfen besteht darin, dass die aus MESIOR-Mitteln Beschäftigten keine Langfristperspektive haben. Der Projektleiter von MESIOR, die Koordinatorin sowie die Mitglieder des Beirats für Qualitätssicherung sind jedoch zuversichtlich, dass die gesammelten positiven Erfahrungen in Folgeprojekten, zu denen an dieser Stelle noch keine Aussagen möglich sind, weiterentwickelt werden können. Über die Projektlaufzeit hinaus eröffnet die dem »Qualitätspakt Lehre« zugrundeliegende Verwaltungsvereinbarung vom Oktober des Jahres 2010 die Option einer Verlängerung der Förderung bis zum Jahr 2020, sofern ein Auswahlgremium das Projekt in einer positiven Zwischenbegutachtung, deren Kriterien vom Bund noch festzulegen sind, als förderwürdig einstuft. Diese Entwicklung wird aufmerksam verfolgt.

Drei Jahre Deutschlandstipendium an der TU Bergakademie Freiberg Dirk C. Meyer, Theresa Lemser

Mit dem »Gesetz zur Schaffung eines nationalen Stipendienprogramms« wurde im Jahr 2010 das Instrument der Deutschlandstipendien etabliert. Das einkommensunabhängige Deutschlandstipendium beträgt 300 Euro pro Monat. Davon übernehmen Förderer wie Unternehmen, Stiftungen oder Privatpersonen 150 Euro; der Bund trägt ebenfalls 150 Euro. Bei der Auswahl der Stipendiaten werden neben sehr guten Noten im Studium auch Erfolge in sonstigen Bereichen, Auszeichnungen, Berufs- oder Praktikumserfahrungen sowie außeruniversitäres Engagement berücksichtigt.

Seit dem Sommersemester 2011 engagiert sich die TU Bergakademie Freiberg (Bergakademie) als eine der ersten Universitäten im Rahmen des nationalen Stipendienprogramms. Bereits in der ersten Runde vergab sie mit 23 Deutschlandstipendien als einzige sächsische Hochschule die ihr nach dem Gesetz zugestandene Höchstzahl an Stipendien. Diese wurden zunächst von sieben Förderern kofinanziert. Drei Jahre nach der Etablierung des Stipendienprogramms an der Bergakademie lässt sich eine erfreuliche Bilanz ziehen. Inzwischen kommen jährlich über 80 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 von heute insgesamt 40 Förderern.

Die Akquise der Förderer, die Vorbereitung des Auswahlverfahrens und die Betreuung der Stipendiaten werden unter Leitung des Prorektorats für Strukturentwicklung wahrgenommen. Dafür wird den potenziellen Förderern das Deutschlandstipendium als attraktive und flexible Möglichkeit der Hochschulförderung nahegebracht. Die privaten Förderer sollen zusätzlich zu ihrem Anliegen, junge Menschen während ihres Studiums zu unterstützen, auch Gelegenheit erhalten, die Stipendiaten persönlich kennenzulernen um so ggf. potenzielle Fach- und Führungskräfte für ihr Unternehmen gewinnen zu können.

An der Bergakademie hat sich inzwischen eine eigenständige und lebendige Kultur des Deutschlandstipendiums ent-

wickelt, bei der vor allem das Miteinander von Stipendiaten und Förderern im Mittelpunkt steht. Durch das Prorektorat für Strukturentwicklung wird dafür ein vielfältiges Veranstaltungsprogramm angeboten, in dessen Rahmen Gespräche in lockerer Atmosphäre den Gedankenaustausch untereinander sowie mit den Förderern ermöglichen. So wurden im Sommersemester 2011 die ersten Stipendienurkunden feierlich durch die Oberbürgermeisterin der Stadt Annaberg-Buchholz, Barbara Klepsch, und den Rektor der Bergakademie, Professor Bernd Meyer, im traditionsreichen Berghauptmannszimmer des dortigen Rathauses überreicht. Es folgte ein Besuch der Ausstellung »Manufaktur der Träume«, die über 1.000 Objekte der Volkskunst des Erzgebirges aus vier Jahrhunderten in einer der größten und beachtlichsten Privatsammlungen weltweit beherbergt. Beschlossen wurde der Tag mit einer Stadtführung durch die Altstadt von Annaberg-Buchholz. Für die erste Vergaberunde leistete die Sparkassen-Stiftung TU Bergakademie Freiberg, die das Programm mit acht Stipendien unterstützte, einen bedeutenden Beitrag. Weitere Förderer waren die Dr. Schnell Chemie GmbH, die Nickelhütte Aue GmbH, die SolarWorld Innovations GmbH und die Stiftung »Technische Universität Bergakademie Freiberg«.

Im Wintersemester 2011/12 besichtigten die Deutschlandstipendiaten gemeinsam mit ihren Förderern die Freiburger Pfarrkirche St. Petri, die als romanische Basilika vor dem Jahr 1190 auf dem höchsten Punkt der Innenstadt erbaut worden ist. Durch den Kantor wurde die Silbermannorgel vorgestellt. Im Rahmen der anschließenden Urkundenübergabe berichteten die Stipendiaten in kurzen Vorträgen über Möglichkeiten, die sich durch das Stipendium für sie eröffnen.

Im Sommersemester 2012 konnte die Bergakademie bereits an 53 Studierende Deutschlandstipendien vergeben. Zum Kreis der Förderer waren die Unternehmen und Institutionen Allianz Beratungs- und Vertriebs-AG, ARCADIS Deutschland GmbH, Aurubis AG, Berufsbildungswerk Philipp Jakob Wieland, Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co KG, Deutsche Kreditbank AG, Dürr



TU Bergakademie Freiberg, Eckardt Milder

Der Rektor der Bergakademie, Prof. Bernd Meyer (rechts), Freibergs Oberbürgermeister Bernd-Erwin Schramm (links) und der stellvertretende Vorsitzende der Sparkasse Mittelsachsen, Hans-Ferdinand Schramm (dritter von links), pflanzen gemeinsam mit Deutschlandstipendiaten einen Ginkgobaum im Hof des Schlosses Freudenstein.

Somac GmbH, Envia Mitteldeutsche Energie AG, Goethebuchhandlung Chemnitz, InfraLeuna GmbH, Loesche GmbH, LOI Thermprocess GmbH, Maschinenfabrik Köppern, Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH, Salzgitter AG, Schmiedewerke Gröditz GmbH und VEM Sachsenwerk GmbH hinzugekommen. Privat engagierten sich die Vorsitzende des Vorstands der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung, Erika Krüger, und der Vorsitzende des Stifterrates der Stiftung »Technische Universität Bergakademie Freiberg«, Dr. Gottfried-Christoph Wild, sowie Mitglieder des Rektorats der Bergakademie. Anlässlich der Veranstaltung zur Übergabe der Urkunden empfing der Freiburger Oberbürgermeister, Bernd-Erwin Schramm, die Deutschlandstipendiaten im Foyer des Freiburger Rathauses und beglückwünschte sie zu ihrem Erfolg. Danach besichtigten die Studierenden gemeinsam mit ihren Förderern und den Mitarbeitern des Prorektorats für Strukturentwicklung das Besucherbergwerk »Alte Elisabeth«.

Höhepunkt im Wintersemester 2012/2013 war der Besuch des Freiburger Brauhauses. Dort wurden die Deutschlandstipendiaten und ihre Förderer während einer Führung durch die Brauerei mit der Bierherstellung vertraut gemacht. Im Anschluss daran überreichte Professor Dirk C. Meyer weiteren 20 Studierenden ihre Stipendienurkunden.

Dank kontinuierlicher Akquise-Aktivitäten konnten zusätzliche Förderer gewonnen werden, so dass im Sommersemester 2013 insgesamt 62 Studierende ein Deutschlandstipendium erhielten. Dafür engagierten sich neu die Arcelor Mittal Eisenhüttenstadt GmbH, ERCOS-

PLAN, die Felix Schoeller Technocell GmbH & Co KG, die Fritz Winter Eisengießerei GmbH & Co KG, die Gesellschaft der Metallurgen und Bergleute e.V., der Industrieverein Sachsen 1828 e.V., die Schachtbau Nordhausen GmbH und die Taubert Consulting GmbH. Die feierliche Überreichung der Urkunden durch Professor Dirk C. Meyer fand in dieser Runde in den Räumlichkeiten des Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst in Dresden statt. Zuvor besuchten Stipendiaten und Förderer die Staatskanzlei in Dresden und beschlossen den Tag mit einer Stadtrundfahrt.

Eine weitere Facette wurde im Sommersemester 2013 durch den Auftritt des Duos »TANGO Amaratado« hinzugefügt. In der musikalischen Lesung »Vom Erzgebirge nach Buenos Aires – Wie der Tango zu seinem Instrument kam« machten die Musiker die Geschichte des Bandoneons, des »Klaviers des kleinen Mannes«, das von deutschen Auswanderern um das Jahr 1900 mit in die neue Heimat Argentinien gebracht wurde, nacherlebbar.

Die Entwicklung setzte sich mit weiteren 13 Deutschlandstipendien im Januar des Jahres 2014 in der inzwischen sechsten Vergaberunde fort. Zu den Unterstützern zählten nunmehr auch die Vattenfall Europe Generation AG und die Vattenfall Europe Mining AG. Für die gemeinsame Urkundenübergabe stand eine Synopse von Industriearchitektur und Bildender

Kunst im Fokus. Im Rahmen einer geführten Stadtrundfahrt wurden bedeutende Industriedenkmäler in Chemnitz, der »Stadt der Moderne«, sowie das Museum Gunzenhauser, wo ein Veranstaltungsraum für die Auszeichnung der Stipendiaten reserviert war, besichtigt.

Die Übergabe der Stipendienurkunden im Sommersemester 2014 wurde mit einem Konzert der Klarinetistin Anja Bachmann und der Pianistin Sabine Klinkert verbunden, die weitere 66 Deutschlandstipendiaten und ihre Förderer auf eine »Musikalische Weltreise« mitnahmen. In dieser Vergaberunde leistete die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung einen besonders bemerkenswerten Beitrag. Darüber hinaus konnte mit Jürgen Schellig (Chefbauleiter Vortrieb am Gotthard-Basistunnel) erstmals auch ein Alumnus der Bergakademie direkt als Förderer gewonnen werden.

Zusätzlich organisiert das Prorektorat für Strukturentwicklung für die Deutschlandstipendiaten regelmäßig Seminare und Workshops. Diese sollen die Entwicklung von Schlüsselkompetenzen unterstützen, die neben fachlichem Wissen für das spätere Berufsleben hilfreich sind. So standen beispielsweise im stark nachgefragten Workshop »Stil und Etikette« richtige Umgangsformen im beruflichen Alltag und zu besonderen Anlässen im Vordergrund.

Weitere Angebote betrafen etwa »Schreib- und Präsentationstechniken«

oder »Ratschläge zur Mitarbeiterführung«. Auch neue Veranstaltungsformate, wie das im Wintersemester 2012/13 ins Leben gerufene »Kolleg Wissen in Verantwortung«, involvieren die Deutschlandstipendiaten in besonderer Weise, etwa als Diskussionspartner auf einem Podium.

Schließlich sollen auch Angebote der Förderer im Rahmen des Stipendienprogramms gewürdigt werden. So luden die Sparkassen-Stiftung TU Bergakademie Freiberg und die SolarWorld Innovations GmbH die Stipendiaten in ihre Häuser zu Vorträgen und Führungen ein. Daneben besteht für viele Stipendiaten die Möglichkeit, Praktika in den jeweiligen Unternehmen zu absolvieren und so auch erste Weichen für berufliche Perspektiven zu stellen.

Die Stipendiaten pflegen in den genannten Veranstaltungen entstandene Kontakte auch durch den Austausch über eine gemeinsame Internet-Plattform und die Organisation gemeinsamer Weihnachtsfeiern, Sommerfeste und Exkursionen zu berufsvorbereitenden Veranstaltungen, wie beispielsweise dem »Karrieretag« in Künzelsau.

Auch in den nächsten Jahren soll an die positiven Erfahrungen angeknüpft und das Stipendienprogramm laufend weiter ausgebaut werden. Ziel ist es, die entstandenen besonderen Verbindungen zwischen der Bergakademie, den Förderern und den Stipendiaten zu einem lebenslangen Netzwerk zu verstetigen.



Deutschlandstipendiaten und Förderer auf dem Freiburger Obermarkt; 1. Reihe (v.l.): Prof. Dirk C. Meyer (TU Bergakademie Freiberg), Uwe Ziegler (Felix Schoeller Technocell); 2. Reihe links: Silvia Müller (envia Mitteldeutsche Energie AG); 2. Reihe rechts: Dr. Indra Frey (Sparkassen-Stiftung TU Bergakademie Freiberg), 3. Reihe links: Berthold Hofmann (Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft), 3. Reihe rechts: Saskia Grosser (Vattenfall Europe Generation); 4. Reihe rechts: Dr. Gottfried-Christoph Wild; Stipendiaten



Foto: HZB

Luftbild der Photonenquelle BESSY II des Helmholtz-Zentrums Berlin für Materialien und Energie

Bergakademie Mitglied des Russisch-Deutschen Labors an der Photonenquelle BESSY II des Helmholtz-Zentrums Berlin

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser

Ein wichtiges Anliegen der TU Bergakademie Freiberg (Bergakademie) ist die Vernetzung ihrer Kompetenzen mit jenen der internationalen Großforschungszentren und auch der Infrastruktur der regionalen Wirtschaft. Hierfür Impulse zu geben, ist ein Ziel des Prorektorats für Strukturentwicklung. So fand die Bergakademie im Mai 2014 als gleichberechtigte Partnerin Aufnahme in das Russisch-Deutsche Labor, einer einzigartigen Kooperation zwischen deutschen und russischen Wissenschaftlern an der Photonenquelle BESSY II des Helmholtz-Zentrums Berlin für Materialien und Energie.

Das Russisch-Deutsche Labor wurde im Jahr 2001 zur Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Forschergruppen aus der Bundesrepublik Deutschland und der Russischen Föderation ins Leben gerufen. Zum Trägerkonsortium zählen auf deutscher Seite die FU Berlin, die TU Dresden, das Helmholtz-Zentrum Berlin und nunmehr auch die Bergakademie. Auf russischer Seite beteiligen sich die Staatliche Universität St. Petersburg, das Ioffe-Institut in St. Petersburg sowie das Kurchatov Institut und das Shubnikov-Institut für Kristallographie in Moskau. Die Forschungen am Russisch-Deutschen Labor betreffen das

fundamentale Verständnis der Struktur von Materie. Im Rahmen gemeinsamer Projekte wird die Infrastruktur des Labors von deutschen und russischen Arbeitsgruppen für Experimente mit Synchrotron-Strahlung genutzt.

Ein bedeutender Beitrag zum Ausbau der Zusammenarbeit mit einem internationalen Großforschungszentrum war die Berufung von Dr. Serguei Molodtsov zum Professor für Strukturforschung mit XFELs- und Synchrotronstrahlung¹ am Institut für Experimentelle Physik im Jahr 2013. Professor Molodtsov ist Wissenschaftlicher Direktor der European XFEL GmbH und wirkt verantwortlich am Aufbau des *European X-ray Free-Electron Laser* (XFEL) in Hamburg mit. Dabei handelt es sich um eine internationale Forschungsanlage, die kohärente gepulste Röntgenstrahlung erzeugt und bisherige Röntgenquellen in ihrer Intensität um das Milliardenfache übertrifft.

Zudem beteiligt sich die Bergakademie am Aufbau einer *Chemical Crystallography Beamline* an der PETRA III-*Extension* des Deutschen Elektronen-Synchrotrons in Hamburg und hat hierfür einen Mitarbeiter der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dirk C. Meyer am Institut für Experimentelle Physik abgeordnet. Dies eröffnet Freiburger Studierenden und

Doktoranden einzigartige Möglichkeiten, neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Materialforschung u. a. im Rahmen von Exkursionen und Forschungsaufenthalten mitzuerleben.

Eine interdisziplinäre Abrundung erfährt das Institut für Experimentelle Physik durch die Berufung von Dr. Hermann Ehrlich zum Professor für Biomineralogie und Extreme Biomimetik¹ im Jahr 2013. Damit konnte eine sogenannte Heisenberg-Professur etabliert werden – eine Unterstützung, die die Deutsche Forschungsgemeinschaft solchen Wissenschaftlern zukommen lässt, die ein neues Forschungsgebiet für die Universität und darüber hinaus erschließen können. Professor Ehrlich verknüpft in seiner Arbeit mehrere an der Bergakademie vertretene Fachgebiete – beginnend mit der Mineralogie und Kristallographie über die Chemie und die Festkörperphysik bis hin zur Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie. Im Sommersemester 2014 führte er erstmals den fortan jährlich stattfindenden englischsprachigen Masterkurs *Biomineralogy* durch. Darin beschäftigen sich die Studierenden mit Biomineralisationsprozessen und lernen die Vielfalt von Biomineralen und deren Rolle in der Biogeochemie kennen. Auch für dieses Fachgebiet ist die Nutzung von Synchrotron-Methoden ein wichtiger Anker, was die hochrangig platzierten Publikationen der Professur belegen.

¹ Siehe ACAMONTA, 20. Jahrgang, 2013, S. 176.

Internationale Tagungen effizient vorbereiten und erfolgreich abhalten

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser, Claudia Baldauf

Die professionelle Durchführung universitärer und internationaler (Fach-)Tagungen gewinnt angesichts der wachsenden Vielfalt von Akteuren und Themen in der Wissenschaftslandschaft weiter an Bedeutung. Dafür wurde durch das Prorektorat für Strukturentwicklung an der TU Bergakademie Freiberg eine Koordinationsstelle für universitäre, internationale Fachtagungen etabliert. Diese soll Veranstalter im Vorfeld einer Tagung, während ihrer Durchführung vor Ort bis hin zur Nachbereitung als Teil eines örtlichen Organisationskomitees unterstützen.

Das Aufgabenspektrum umfasst damit die Bewerbung der Tagung auf einer Homepage und auf den Internetseiten relevanter Multiplikatoren sowie durch Flyer, Poster und andere Printmaterialien, die über das gewohnte Maß an Öffentlichkeitsarbeit hinausgehen. Hinzu kommt die Unterstützung der Fachveranstalter durch die Bereitstellung von Checklisten zur Absicherung des reibungslosen Ablaufs der Veranstaltung, die Vermittlung von Unterkünften für Referenten und sonstige Tagungsteilnehmer, die kulinarische Versorgung sowie die Organisation von Gesellschaftsabenden und Unternehmungen. Auch die Suche nach geeigneten Referenten – etwa für öffentliche Plenarvorträge – kann durch die Koordinationsstelle in Abstimmung mit den Verantwortlichen übernommen werden. Hinsichtlich der Nachbereitung einer Tagung, beispielsweise zur Auswertung und zur Ableitung von Perspektiven, u. a. mit dem Ziel der Verstärkung bestimmter Tagungsformate, sind ebenfalls Erfahrungen erforderlich. In diesem Zusammenhang umfasst das Portfolio etwa Hilfestellungen für die Entwicklung von begleitenden Publikationen, beispielsweise durch die Vernetzung mit Druckereien und Werbeagenturen sowie die Beratung zur Pflege einer Internetpräsenz. Der Gesamtkomplex an einschlägigen Erfahrungen wurde durch die Begleitung mehrerer Tagungen aufgebaut und dokumentiert.

Im März des Jahres 2013 wurde die erstmals in Freiberg abgehaltene (21.) Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie (DGK), die noch von einem professionellen Veranstalter getragen wurde, durch die zent-

rale Tagungskoordination in Person von Claudia Baldauf erfolgreich begleitet. Zu dieser Tagung, die unter dem Motto »Von der Symmetrie zur Funktion«, stand, wurden über 380 nationale und internationale Mitglieder der DGK an der Bergakademie begrüßt. Im Rahmen von Symposien mit 121 Vorträgen und 145 Postern spannte sich der Themenbogen von den Grundlagen der Kristallographie bis hin zu deren Anwendung. Höhepunkt war der öffentliche Plenarvortrag des Nobelpreisträgers für Chemie des Jahres 2011, Professor Dr. Dan Shechtman (*Department of Materials Science & Engineering*, Technion Haifa, Israel), zum Thema *Quasi-Periodic Materials – Crystal Redefined*, in dem er seine spektakuläre Entdeckung der Quasikristalle im Jahr 1982 beschrieb, die schließlich durch die Verleihung des Nobelpreises gewürdigt wurde. Im Rahmen der Tagung wurde unter der Moderation von Dr. Barbara Abendroth vom Institut für Experimentelle Physik ein Treffen initiiert, zu dem speziell junge Kristallographen eingeladen waren. Aline Bergert, Leiterin der Koordinationsstelle *E-Learning* an der TU Bergakademie Freiberg, zeigte den Nachwuchswissenschaftlern auf, wie ein internetbasiertes soziales Netzwerk, das eigens für diesen neuen Arbeitskreis ins Leben gerufen wurde, zukünftig genutzt werden kann. Langfristig soll so eine besonders informative und interaktive Plattform geschaffen werden, die den Dialog der jungen Kristallographen aller Fachrichtungen anregt und fördert sowie die Netzwerkbildung erleichtert (hierzu gibt es bereits erfreuliche Belege). Inzwischen ist ein Widmungsband der Zeitschrift *Crystal Research and Technology* als Dokumentation herausgehobener Inhalte der Tagung veröffentlicht worden.

Mit der *1st International Freiberg Conference on Electrochemical Storage Materials* (ESTORM) wurde im Juni des Jahres 2013 eine neue Tagungsreihe ins Leben gerufen. Der Fokus der Tagung, an der ca. 80 Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Wirtschaft teilnahmen, lag auf dem Potenzial der Speicherung elektrischer Energie im Zusammenhang mit erneuerbaren Energieträgern. Experten aus dem In- und Ausland informierten über den aktuellen Stand der Forschung und

Entwicklung im Themenfeld der elektrochemischen Energiespeichermaterialien sowohl aus wissenschaftlicher als auch aus wirtschaftlicher Sicht. Ein Ziel war es, aufzuzeigen, wie die in traditionellen Branchen etablierten Technologien und dort gehandhabten Materialien für den Wachstumsmarkt der elektrochemischen Speichermaterialien eingesetzt werden können. Der 225-seitige Tagungsband wurde unter dem Titel *Review on Electrochemical Storage Materials and Technology* im angesehenen Verlag des *American Institute of Physics* publiziert. Die Vorbereitung der Tagung und die Realisierung des *Review*-Bandes wurden von Alena Raatz (Institut für Experimentelle Physik) getragen. Für den unmittelbaren Tagungsverlauf wurde die Koordinationsstelle für universitäre, internationale Fachtagungen maßgeblich in Anspruch genommen, was zugleich die Möglichkeit zu umfassender Dokumentation der Erfordernisse und Abläufe bot. Für den 11./12. Juni 2015 ist die nächste ESTORM geplant. Langfristig soll sich um die Tagung ein aktives und inspirierendes Netzwerk entwickeln können.

Ein ganz anderes Format war das vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK) einberufene landesweite Wissenschaftsforum »Campus Sachsen«, als dessen Gastgeberin die Bergakademie im Juni des Jahres 2014 fungierte und bei dem maßgebliche Vertreter der Bundes- und Landespolitik sowie aller sächsischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen zugegen waren. Dieses Forum zielte auf die Identifizierung verschiedener Ansätze zur Stärkung von Wissenstransfer und Internationalisierung sowie zur gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur in den sächsischen Wissenschaftsregionen. Auch hier gewährleistete die Tagungskoordination der Bergakademie, dass die Organisatoren des SMWK Ansprechpartner vor Ort fanden, die die spezifischen Belange und Herausforderungen überblickten und so entscheidend zum erfolgreichen Ablauf der Veranstaltung beitragen konnten.

Für weiterführende Informationen zur Tagungsorganisation steht Alena Raatz (alena.raatz@physik.tu-freiberg.de) zur Verfügung. Claudia Baldauf ist nun Jubiläumskoordinatorin der Bergakademie.

Körper & Kultur: Sport und Musik an unserer Universität

Glücksfälle, Glückspilze und Glücksschmiede

Universitätssport – Würde man das Thema Körperkultur, Sport und Sporttreiben an der Bergakademie Freiberg in der Gesamtzeit ihres 250-jährigen Bestehens betrachten, so ergäbe das sicherlich eine sehr umfangreiche Abhandlung mit viel Geschichte und Geschichten. Um diesem Artikel keinen nostalgischen »Es war einmal ...«-Charakter zu geben, soll er an einem bedeutsamen historischen Ereignis der jüngeren Zeit ansetzen: der politischen Wende in Deutschland 1989 und der darauf folgenden Wiedervereinigung.

Mit den Ereignissen waren natürlich auch wesentliche Veränderungen im Bildungssystem verbunden, wobei man nicht von einem behutsamen Wandel, sondern eher von einem Überstülpen der in den Altbundesländern geltenden Gesetzmäßigkeiten und Ansichten sprechen muss. Für den Hochschulsport bedeutete dies den Übergang vom obligatorischen Sportunterricht mit Eingang der Bewertung in die Gesamtstudienleistung zu einem fakultativen Sportangebot.

Diese Veränderung ging systemrelevant einher mit einer drastischen Reduzierung des Lehrpersonals, das in kurzfristigen Schritten von 16 Sportlehrern auf den heutigen Stand von zwei Lehrkräften abgebaut wurde. Schmerzlich für die Betroffenen – und für die wenigen verbleibenden Mitarbeiter eine riesige Herausforderung: Wie organisiert, betreibt und finanziert man unter solchen Bedingungen ein funktionierendes, breites und qualitativ gutes Hochschulsportangebot?

Glücksfälle

Zum Zeitpunkt des Übergangs vom obligatorischen zum fakultativen Unterricht im Bereich des Hochschulsports verfügte die TU Bergakademie über drei eigene Sportstätten. Das waren die Standorte Glückauf-Sporthalle und -platz, Sporthalle Lessingstraße und die Akademische Kampfbahn am Meißner Ring. Allerdings befanden sich alle in einem bedauernswert schlechten Zustand, entsprachen den geltenden Sicherheitsbestimmungen nicht mehr und konnten nur auf Grund einer Bestandsschutzregelung weiterbetrieben werden.

Da unsere Universität keine Studiengänge hat, die auch nur in die Nähe einer Sportausbildung im Lehrbereich kom-



Beachvolleyball - eines der vielen Angebote im Universitätssportprogramm

men, gab es seitens des Freistaats keine Möglichkeit, den Neubau einer Sportstätte überhaupt nur in Erwägung zu ziehen. Wenn aber an einem vergleichsweise kleinen Hochschulstandort in einer nicht besonders großen Stadt neben einer qualitativ hochwertigen Ausbildung nicht auch das soziale Umfeld – also Wohnen, Leben und Freizeitmöglichkeiten – sehr gut ist, dürfte es ziemlich schwierig werden, potenzielle Studienanfänger für ein Studium in Freiberg zu gewinnen.

In dieser prekären Situation entschloss sich unsere Hochschulleitung, die Sportstätten des Hochschulsports einer umfassenden Rekonstruktion zu unterziehen. Begonnen wurde mit der Sanierung der Glückauf-Sporthalle in den Jahren 1996/97 zu einer den Bedürfnissen eines vielfältigen Hochschulsports angepassten Sportstätte. Mit den weiteren zwei, mittlerweile ebenfalls komplett sanierten Standorten Glückauf-Stadion und Sporthalle Lessingstraße verfügt die Universität nun über ein Sportareal, das (fast) alle sportlichen Wünsche wahr werden lässt. Es ist in der Lage, fast das gesamte Hochschulsportangebot mit nur wenigen notwendigen Anmietungen (beispielsweise dem Schwimmbad) in eigenen Sportstätten zu realisieren.

Die sogenannte Akademische Kampfbahn wurde im Zuge der Erneuerung des Freiburger Gymnasium-Konzepts an die Stadt Freiberg abgegeben. Die dort

mit der Rüleinsporthalle entstandene Sportstätte würde im Sinne der Campus-Konzeption gut zur Universität passen. Dieser Wunsch wird jedoch nicht in Erfüllung gehen.

Glückspilze

Mit den sehr guten Bedingungen im Bereich der Sportstätten ist es dem Universitätssportzentrum möglich, den Studierenden der TU Bergakademie ein Sportprogramm anzubieten, das sich mit dem der drei großen sächsischen Universitäten messen kann.

Durchschnittlich wurden in den letzten Jahren 45 bis 50 Sportarten mit zirka 150 einzelnen Sportkursen angeboten. Im Sommersemester sind es durch die zusätzlichen Freiluftsportarten noch ein paar mehr. Die Angebote erstrecken sich von Fitnes-/Gesundheitssport, Großen Spielen, Kampfsport, Rückschlagspielen, Wassersport, Tanzsport, Gerätturnen, Laufgruppen/Leichtathletik und Klettern über Kurse im Alpinen Skilauf, Klettersteiggehen und Sandsteinklettern bis zu studentischen Meisterschaften auf Uni-, Landes- und Bundesebene.

Damit besteht für einen relativ großen Teil der Freiburger Studenten die Möglichkeit, universitäre Sportangebote wahrzunehmen. Dabei versteht sich der Hochschulsport aber immer als Basisangebot, das darauf abzielt, die Studierenden über breite Auswahlmöglichkeiten

Stephan Reichelt

für einzelne Sportarten zu interessieren und sie zu einem das Leben begleitenden Sporttreiben zu animieren. Wer die Angebote des Hochschulsports wahrnimmt, findet vielleicht die sportliche Liebe des Lebens und wird sich später eventuell einem Sportverein anschließen, um weiter dabeizubleiben oder eventuell auch regelmäßig Wettkämpfe zu bestreiten.

Durch den studienbedingt ständigen Zustrom an jungen Menschen hat der Hochschulsport die Möglichkeit, aber auch die Verpflichtung, auf moderne Sporttrends zu reagieren, sie einzubeziehen und damit aktuell zu sein. Er muss in der Lage sein, sich relativ flexibel auf die aktuellen Bedürfnisse der Sporttreibenden einzustellen und sich ständig selbst zu evaluieren.

Glücksschmiede

Mit der schon erwähnten drastischen Reduzierung des Personals für den Hochschulsport stand das Universitätssportzentrum vor einem weiteren Problem: Die Absicherung des gewünschten breiten Sportangebotes ist nur mit Helfern möglich, also mit nebenberuflichen bzw. ehrenamtlichen Übungsleitern. Diese müssen bereit sein, jede Woche ihre Kursstunden in einer möglichst hohen fachlichen Qualität durchzuführen. Aktuell wird ein Großteil der Sporteinheiten von studentischen Übungsleitern gehalten, deren Gewinnung, Anleitung und Qualifikation eine der großen Aufgaben der Mitarbeiter des Universitätssportzentrums ist.

Allerdings begegnen die jungen Kursleiter einer doppelten Herausforderung: Sie müssen nicht nur bereit sein, sich das sportfachliche Wissen anzueignen und ihre Aufgabe konstant und engagiert zu erfüllen, sondern auch dazu, gegenüber ihren Kommilitonen eine Leitungsposition einzunehmen. Souveränes, sicheres Auftreten, Durchsetzungsvermögen, Umsicht und Verantwortungsbewusstsein, Motivationsfähigkeit und Integrationsvermögen sind Eigenschaften, die dabei benötigt werden.

Allen, die sich dieser Aufgabe stellen, gilt großer Respekt und Dank. Denn sie sind bereit, im Interesse ihrer Kommilitonen einen Teil ihrer Freizeit zu opfern. Aber sie sind auch Schmiede ihrer eigenen Kompetenz. Sie sammeln Erfahrungen und prägen Eigenschaften aus, die in ihren zukünftigen Berufen eine wichtige Rolle spielen werden.

■ Bernd Eulitz

Musikkultur an der Bergakademie seit 1948



Konzert in der Alten Mensa mit Dirigent Günter Hertel

Das Collegium Musicum der TU Bergakademie e. V. – Wo Wissen ist, da ist Kultur. Schon seit 1948 prägt das Collegium Musicum das kulturelle Leben an der Bergakademie maßgeblich mit.

Noch vor Gründung von BRD und DDR, mitten in der Zeit der Nachkriegswirren und Besatzungszonen, hatten sich im November 1948 auf Einladung der Deutschen Volksbühne Freiburger Musiker zusammengefunden, um ein Sinfonieorchester zu gründen. Das Collegium Musicum spielte sich in den ersten Jahren quer durch die Musikstile und interpretierte sowohl klassische Werke als auch Unterhaltungsmusik. Heute bewegt sich das Ensemble vor allem zwischen Barock und Romantik, spielt große Orchesterwerke ebenso wie Programme

mit Solisten oder Chor. So wurden bei den jüngsten Sommerkonzerten im Juli im Audimax der TU Bergakademie und im Kloster Altzella mit Beethovens 6. Sinfonie »Pastorale« und Berlioz' »Sommernächten« zwei bedeutende Werke der Musikgeschichte aufgeführt.

Das klassische Sinfonieorchester hatte sich unter der Leitung des Dirigenten Günter Hertel herausgebildet. Ab 1954 war er über 26 Jahre lang die prägende Persönlichkeit in der Entwicklung des Ensembles. Nach Hertels Tod 1980 übernahm Andreas Schwinger, heute Sachgebietsleiter Kultur der Stadt Freiberg, das Orchester. Bereits ein Jahr zuvor hatte er an der Bergakademie einen Chor gegründet, der heute ebenfalls Bestandteil des Collegium Musicum ist. Die Sänger wid-



Andreas Schwinger leitete das Orchester insgesamt 13 Jahre lang.



Mit dem A-capella-Kammerchor Freiberg beim Festakt mit dem Bundespräsidenten Joachim Gauck

meten sich damals insbesondere Bergmanns-, Volks- und Studentenliedern und nahmen damit in den Jahren 1987 und 1990 sogar zwei Schallplatten auf. Inzwischen ist das Repertoire sehr breit gefächert. Je nach Konzertthema bedient sich der Chor in allen Epochen und Stilrichtungen. Beim Sommerkonzert 2014 verband er Musikalisches mit Literarischem und schlug so einen weiten Bogen, der von den »Lustigen Weibern von Windsor« über das »Dschungelbuch« bis »Anatevka« reichte.

Die Nachwendejahre waren auch für das Collegium Musicum eine turbulente Zeit. 1990 wurde Christian Drechsel Orchesterleiter. 1994 übernahm erneut Andreas Schwinger das Pult, bis er 1997 sowohl Orchester- als auch Chorleitung abgab. Der Dresdner Cembalist und Organist Jan Katzschke konnte für das Orchester gewonnen werden. Der Chor stand im Oktober kurz vor der Auflösung, und Steffen Döhner sprang als Ersatzmann für den Chorleiter ein. Martin Bargel übernahm im Dezember 1997 die Leitung, die er bis heute innehat. Haupt-

beruflich ist er am Theater in Zwickau engagiert, kommt aber jede Woche zur Probe nach Freiberg. 1998 gründeten beide Ensembles schließlich gemeinsam den Verein »Collegium Musicum der TU Bergakademie Freiberg e. V.« und bekräftigten mit ihrem offiziellen Namen ihre Verbundenheit mit der Freiburger Universität.

Das Orchester wurde zwischen 2002 und 2005 nochmals von Christian Drechsel dirigiert, bevor Dirk Brandenburger, als Bratscher und Geiger selbst langjähriges Ensemblemitglied, neuer Leiter wurde. Er gründete 2012 unter dem Vereinsdach ein Kinder- und Jugendorchester (KJO). In Freiberg füllte er damit eine Lücke, denn bis dahin hatte es in der Stadt für junge Streicher kein Ensemble mehr gegeben. 19 Kinder und Jugendliche zwischen 9 und 18 Jahren spielen derzeit im KJO, das Dirk Brandenburger gemeinsam mit Geigerin Rhena Wulf leitet. Das Sommerkonzert im Juni 2014 im vollbesetzten Gemeindesaal von St. Johannis war einer der großen Höhepunkte für die jungen Musiker.



Das Kinder- und Jugendorchester von Dirk Brandenburger



Jacobus Gladziwa leitet das Sinfonieorchester seit 2009

Dirigent des Sinfonieorchesters ist seit 2009 Jacobus Gladziwa. Er studierte in Dresden Orchesterdirigieren und absolviert derzeit ein zweites Studium an der Hochschule für Kirchenmusik. In den letzten Jahren führte das Orchester unter anderem Klavierkonzerte von Frédéric Chopin und Edvard Grieg, die letzten Sinfonien von Joseph Haydn und das Cellokonzert von Friedrich Gulda auf. Kooperationen, wie die langjährige fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Freiburger Stadtchor, aber auch mit neuen Partnern, brachten spannende und außergewöhnliche Projekte hervor. Im Juli 2013 stand das Collegium Musicum mit der Kult-Band Electra und dem Freiburger Stadtchor bei der Wiederaufführung der Rocksuite »Die Sixtinische Madonna« auf der Bühne im Schloss Freudenstein. Im Oktober 2013 war dann der Chor »Cantarella« aus Freibergs niederländischer Partnerstadt Delft zu Gast. In der Nikolai-kirche gab es ein gemeinsames Konzert mit Werken von Georg Friedrich Händel.

Neu ist die Zusammenarbeit mit Peter Kubisch und dem A-capella-Kammerchor Freiberg. Gemeinsam bestritten beide Ensembles im März 2014 zwei Auftritte bei den Tagen der Chor- und Orchestermusik in Zwickau. Höhepunkt war die Aufführung von Händels »Coronation Anthem No. 4« beim Festakt mit Bundespräsident Joachim Gauck. Im Herbst 2014 wurde die erfolgreiche Kooperation mit Peter Kubisch fortgesetzt – dann mit dem Max-Klinger-Chor Leipzig, den er ebenfalls leitet. Am 1. November erklangen die »Coronation Anthems« sowie Lullys Suite aus »Le Bourgeois gentilhomme« im Audimax der TU Bergakademie. Einen Tag danach wurde das Konzert in der Lutherkirche Leipzig wiederholt.

Zum 250. Jubiläum der Bergakademie 2015 will das Collegium Musicum für einen würdigen musikalischen Rahmen



Konzert in der Nikolaikirche mit dem Delfter Chor Cantarella 2013.tif

sorgen. Am 25. April gestaltet es gemeinsam mit dem Stadtchor Freiberg ein Festkonzert in der Nikolaikirche mit Rachmaninoffs 2. Klavierkonzert und dem dritten Teil von Robert Schumanns selten aufgeführten Faust-Szenen. Im Sommer gibt es neben einem erneuten Konzert in Altzella erstmals ein eigenes Open-Air-Orchesterkonzert im Schlosshof. Sinfonieorchester und Kinder- und Jugendorchester stehen am 4. Juli gemeinsam auf der Bühne. Eine Premiere erleben die Musiker des Sinfonieorchesters 2015. Im Frühjahr und im Herbst sind Konzertreisen ins Ausland geplant, unter anderem an die Universität Graz.

■ Claudia Kallmeier, Ulrich Pöschmann

Vorschau: Konzerte 2015

- **25. April 2015, Nikolaikirche Freiberg: Festkonzert zum 250. Jubiläum der TU Bergakademie Freiberg** gemeinsam mit dem Stadtchor Freiberg (Sergei Rachmaninoff: 2. Klavierkonzert, Robert Schumann: Faust-Szenen, 3. Abteilung)
- **4. Juli 2015, Schlosshof Freiberg: Open-Air-Konzert** mit dem Kinder- und Jugendorchester und dem Sinfonieorchester (Friedrich Gulda: Cellokonzert, Modest Mussorgski: Bilder einer Ausstellung)
- **5. Juli 2015, Kloster Altzella: Sommerkonzert.** (Friedrich Gulda: Cellokonzert, Modest Mussorgski: Bilder einer Ausstellung)
- **16. Dezember 2015: 11. Hochschuladventskonzert.** Audimax der TU Bergakademie (Sinfonieorchester, Kinder- und Jugendorchester, Chor)



Ein »Jazz Auf!« den Begründern der Freiburger Jazztage

Das drittälteste Jazzfestival Deutschlands feierte sein 40-jähriges Bestehen – oder auch nicht. Man mag es manchmal gar nicht glauben, welche Perlen in Freiberg scheinbar ganz nebenbei existieren und sich nicht darüber ärgern, dass sie nicht täglich geputzt und ins Schaufenster gestellt werden. Gemeint sind die Freiburger Jazztage, die im April zum 40. Mal stattfanden. Offensichtlich sind sie die ältesten Sachsens und gehören zu den drei ältesten ihrer Art in Deutschland.

Das Leipziger Festival ist zwei Jahre jünger, Dresdens Jazztage gar neun Jahre. Nur die Jazztage Frankfurt/Main mit ihren stolzen 61 Jahren und das Berliner Jazzfest mit 50 Jahren liegen altersmäßig vor den Freiburger Jazztagen. Aber betrachtet man, welche umfangreiche Unterstützung die beiden Erstgenannten vom Rundfunk und von kommunaler Seite bekommen, muss man umso mehr den Hut vor den Freiburger Organisatoren ziehen. Denn die Künstler aus Deutschland, Europa und Übersee wollen bezahlt werden und jeder, der mit der Beantragung von Fördermitteln, deren sachgerechtem Einsatz und anschließender Abrechnung zu tun hatte, weiß, dass die Hauptarbeit für ein solches Festival nicht in der Durchführung der einzelnen Abende liegt. Übrigens, die Jazztage sind nicht die einzige Veranstaltungsreihe, die sich als älteste Sachsens bezeichnen kann und seit Jahren vom Studentenwerk getragen wird: auch der AKA-Fasching, der in diesem Jahr in seine 65. Saison als Hochschulfasching geht, und das Studenten kino mit seinen 62 Jahren haben altersmäßig keine Konkurrenz in Sachsen.

Wie alt aber nun ihr Festival wirklich ist, wissen die derzeitigen Organisatoren selbst nicht ganz genau. Bilder der Zweiten Freiburger Jazztage sind überliefert – aus dem Jahr 1975. Das passt zur weiteren Zählung, denn nur ein einziges Mal fielen sie später aus, und das war 1991. Der Grund dafür: Geldmangel, es gab keine Zuschüsse. Der gesunde Menschenverstand sagte, dass vor den II. Jazztagen die ersten kommen, und das im Jahr vorher, also 1974. Aber vor kurzem tauchte ein Plakat auf, das ein Konzert der Freiburger Jazztage im Jahr 1972 ankündigte. Beschrieben wurde es als »3. Internationales Studio-Jazzkonzert von Stimme der DDR und FDJ-Studentenklub der Bergakademie Freiberg«. Es traten auf: das Jazz Trio Prahá, die Berliner Dixieland Allstars und das Freiburger Jazzquintett. Die Konzertansagen machte, das wird auf dem Plakat ausdrücklich hervorgehoben, der Berliner Szenekenner Karl-Heinz Drechsel.

Warum auf diese Besonderheit aus grauer Vorzeit hingewiesen wird? Weil die Organisatoren um Dr. Gert Schmidt eben jenen Karl-Heinz Drechsel und das Freiburger Jazzquintett im vergangenen Juli noch einmal eingeladen haben, zu einer Veranstaltungsreihe im Rahmen der Fotoausstellung »Jazz Auf!« im Stadt- und Bergbaumuseum. Schön, dass sich ein Kreis auf diese Art schließen und ein Bogen aus der Vergangenheit in die Zukunft schlagen lässt. Denn soweit es nur irgend möglich ist, wollen die Jazzenthusiasten mit unverminderter Kraft auf die 50. Freiburger Jazztage zusteuern. Man kann nur hoffen, dass es auch in den Folgejahren Unterstützer gibt, die erkennen, dass es nicht nur gilt, den kulturellen Mainstream zu unterstützen, sondern auch das Außergewöhnliche, das in einer Nische wächst.

■ Thomas Schmalz



Von der Montangeschichte zur Industriekultur

Traditionspflege, Wissenschaftsgeschichte und technische Denkmalpflege an der Bergakademie Freiberg

Helmuth Albrecht

Unter »Tradition« versteht man ganz allgemein die Weitergabe von Handlungsmustern, Überzeugungen und Glaubensvorstellungen bzw. von Konventionen, Bräuchen oder Sitten innerhalb einer Gruppe oder zwischen Generationen, wobei diese Weitergabe mündlich, schriftlich oder auch über Nachahmung geschehen kann. Die Fähigkeit zur Tradition bildet die Grundlage für »Kulturbildung« überhaupt. Tradition kann dabei einerseits als die Überlieferung des kulturellen Erbes, andererseits aber auch als Prozess der Überlieferung selbst verstanden werden. Mit der Einrichtung ihres »Traditionskabinetts« im Jahr 1981 suchte die Bergakademie Freiberg diese beiden »Traditions-Linien« miteinander zu verbinden: Einerseits die Überlieferung der materiellen Zeugnisse ihrer Geschichte in musealer Form anhand der Auswahl zentraler Quellen und Objekte, andererseits deren Interpretation im Rahmen des damals geltenden marxistisch-leninistischen Geschichtsverständnisses. Ergänzt wurde und wird diese Traditionspflege bis heute an der Bergakademie von überlieferten Symbolen und Ritualen, wie beispielsweise dem Tragen der Rektorskette bzw. des Bergkittels oder auch dem kollektiven Singen des Steigerliedes bei offiziellen Anlässen und Festlichkeiten. Universitäre und montanistische Rituale bzw. Gebräuche vereinen sich dabei in Freiberg zu einer ganz eigenen, bergakademischen Tradition, die in der nunmehr 250-jährigen Geschichte der Bergakademie Freiberg sowie in der mehr als 800-jährigen Geschichte des Montanwesens im Erzgebirge wurzelt.

Teil der Traditionspflege an der Bergakademie Freiberg ist daher immer auch die Beschäftigung mit der eigenen Geschichte und der Geschichte des Montanwesens insgesamt gewesen. Deutlich wird dies nicht nur in den historischen Beiträgen zu den Festschriften zum 100., 150. und 200. Jubiläum der Bergakademie, in der Bewahrung von geschichtsträchtigen Sachzeugen mit der Treptow-Sammlung historischer Bergbauwerkzeuge und -zeugnisse oder der Modellsammlung in den 1970er-Jahren sowie in der Einrichtung des Tra-

ditionskabinetts (heute Historicum), der Gedenkstätten für das Clemens-Winkler-Laboratorium und den Karzer in den 1980er-Jahren, sondern bis heute auch in der Freiburger Tradition der Aufstellung von Denkmälern für berühmte Forscher und Gelehrte von Abraham Gottlob Werner über Clemens Winkler, Julius Weisbach, Ferdinand Reich, Theodor Richter, August Wilhelm Lampadius bis hin zu Michail W. Lomonossow.

Die Anfänge im 19. und 20. Jahrhundert

Die Anfänge dieser Art der Traditionspflege an der Bergakademie Freiberg reichen weit zurück, wie u. a. auch das Beispiel der Feier zu Abraham Gottlob Werners 100. Geburtstag im Jahr 1850 zeigt. Parallel und teilweise damit in Verbindung stehend entwickelte sich jedoch an der Bergakademie auch eine andere, wissenschaftlich orientierte »Traditionspflege« in Gestalt von Lehrveranstaltungen und Forschungsprojekten zur Wissenschafts- und Technikgeschichte des Montanwesens sowie zur Geschichte der Bergakademie selbst. Schon 1800 hielt der Mineraloge Abraham Gottlob Werner (1749–1817) eine erste Vorlesung zur »Geschichte des kursächsischen Bergbaus«. Dieser ersten technikgeschichtlichen Vorlesung folgte 1803 mit Werners Vorlesung »Literaturgeschichte der Mineralogie« die erste wissenschaftsgeschichtliche Lehrveranstaltung an der Bergakademie. Zu mehr oder weniger regelmäßigen technikhistorischen Lehrveranstaltungen an der Bergakademie kam es allerdings erst durch die Vorlesung »Geschichte des Bergbaus« von Emil Treptow (1854–1935), Professor für Bergbau und Aufbereitungskunde, die 1901 erstmals gehalten und in den Jahren 1919 bis 1922 sowie 1924 bis 1930 dann regelmäßig angeboten wurde. Nach dem Zweiten Weltkrieg bot schließlich in den Jahren 1948 bis 1950 der Freiburger Maschinenbauprofessor Otto Fritzsche (1877–1962) Vorlesungen zur Entwicklung der Wärmekraftmaschinen an der Bergakademie an.

Bereits 1844 veröffentlichte der Professor für Bergbaukunde, Moritz Ferdinand Gätzschmann (1800–1895), sein

Buch »Beiträge zur Geschichte des Freiburger Zinnbergbaus«. Im Rahmen der Festschrift zum 100-jährigen Bestehen der Bergakademie erschienen 1867 historische Beiträge von Oberberghauptmann Friedrich Constantin Freiherr von Beust (1806–1891) zum Bergbau und Hüttenwesen, von Professor Julius Weisbach (1806–1871) zum Bergmaschinenwesen, von Friedrich August Breithaupt (1791–1873) zur Mineralogie, von Professor Bernhard von Cotta (1808–1879) zur Geologie sowie von Professor Theodor Scheerer (1813–1875) zur Chemie an der Bergakademie. Im Jahr 1877 veröffentlichte Professor von Cotta sein »geologisches Repertorium«, das als erster Teil seines geplanten Buches »Beiträge zur Geschichte der Geologie« konzipiert gewesen ist. Professor Emil Treptow publizierte gleich mehrere technikhistorische Abhandlungen, so 1901 »Die Geschichte des Bergbaus im 19. Jahrhundert« und »Die Mineralnutzung in vor- und frühgeschichtlicher Zeit«, 1904 »Der Altjapanische Bergbau- und Hüttenbetrieb, dargestellt auf Rollbildern« und 1929 »Deutsche Meisterwerke bergmännischer Kunst«. In seiner Antrittsrede als Rektor der Bergakademie behandelte Treptow 1909 gar das programmatische Thema »Das Studium der Geschichte des Bergbaus«.

Ihren publizistisch-wissenschaftlichen Höhepunkt erreichten diese frühen wissenschafts- und technikhistorischen Aktivitäten im Bereich des Montanwesens an der Bergakademie Freiberg sicherlich im Jahr 1928 mit der ersten neuzeitlichen Übersetzung des 1556 in lateinischer Sprache erschienenen Werkes »De re metallica« von Georgius Agricola (1494–1555). An diesem Monumentalwerk waren die Freiburger Professoren Carl Schiffner (1865–1945), Friedrich Schumacher (1884–1975), Emil Treptow und Erich Wandhoff (1879–1934) maßgeblich beteiligt. Den Abschluss dieser Frühphase der publizistischen »Traditionspflege« an der Bergakademie bildete schließlich das zwischen 1935 und 1940 erschienene, dreibändige Werk von Carl Schiffner »Aus dem Leben alter Freiburger Bergstudenten«.

Neben ihrer Lehr- und Publikationstätigkeit im Bereich der Montangeschichte

engagierten sich Freiburger Professoren darüber hinaus frühzeitig für den Erhalt technischer Sachzeugen und Denkmale des Montanwesens. So sammelten Moritz Ferdinand Gätzschmann (1800–1895) und Emil Treptow bereits im 19. und frühen 20. Jahrhundert archäologische Sachzeugen des Bergbaus. Mit der Übernahme der historischen Schachanlage »Alte Elisabeth« als Lehrgrube avancierte die Bergakademie 1919 zum Eigentümer eines bedeutenden bergbauhistorischen Denkmals, das zwischen 1935 und 1939 zudem mit der Translozierung und Aufstellung des Schwarzenberg-Gebläses (Hüttengebläse von 1831) sowie einer der letzten erhaltenen sächsischen Wassersäulenmaschinen zum Standort bedeutender technischer Sachzeugen des Montanwesens wurde. Zu verdanken ist dies dem technikhistorischen und denkmalpflegerischen Interesse und Engagement des Freiburger Maschinenbauprofessors Otto Fritzsche, auf dessen Initiative hin am 22. Mai 1939 auch die Arbeitsgemeinschaft für Technikgeschichte des Vereins Deutscher Ingenieure in Freiberg tagte.

Institutionalisierung und Professionalisierung in der DDR-Zeit

Nach dem Zweiten Weltkrieg veränderten sich mit der Gründung der DDR die Rahmenbedingungen für die Traditionspflege an der Bergakademie grundlegend. Die systematischen und institutionalisierten Forschungen zur Montangeschichte begannen in der DDR ab 1953 am Institut für Wirtschaftsgeschichte der Humboldt-Universität (Prof. Jürgen Kuczynski) sowie am Institut für Deutsche Geschichte der Universität Leipzig (Prof. Ernst Engelberg). Sie führten 1955 am neu gegründeten Institut für Geschichte an der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Berlin zur Gründung eines Arbeitskreises für Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens, der fortan die zentrale Koordinierung aller montanhistorischen Forschungsarbeiten im Sinne der von der SED vorgegebenen marxistisch-leninistischen Forschungsdoktrin in der DDR übernahm.

Parallel dazu entstand an der Bergakademie Freiberg am 18.11.1954 das Institut für Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens als eines der ersten deutschen Hochschul institute zur Wissenschafts- und Technikgeschichte. Die ursprünglich unter dem Namen »Institut für Geschichte der Technik« geplante

Neugründung erfolgte auf Anweisung der Hauptabteilung Hoch- und Fachschulen des Ministeriums für Schwerindustrie, dem die Bergakademie zu diesem Zeitpunkt unterstand, sowie auf Initiative des Freiburger Instituts für Marxismus-Leninismus und etablierte sich rasch als »Leitinstitut« für die Erforschung der Montangeschichte und darüber hinaus auch zum wichtigen Impulsgeber für die Entwicklung der technischen Denkmalpflege in der DDR. Zum wichtigsten Publikationsorgan des Instituts entwickelte sich die bereits 1952 an der Bergakademie etablierte Reihe D (Geschichte) der Freiburger Forschungshefte, in der in den folgenden Jahren zahlreiche wichtige Beiträge – vor allem zur Geschichte des erzgebirgischen Montanwesens – erschienen.

Von 1954 bis 1962 fungierte vorerst der Rechtswissenschaftler Professor Kurt Ebert (1900–1969) als kommissarischer Direktor des Instituts. Einziger Wissenschaftler war ab 1955 zunächst der Diplom-Ingenieur Hans Baumgärtel, der sich besondere Verdienste um den Aufbau der Reihe D der Freiburger Forschungshefte sowie die ersten historischen Kolloquien zum Berg- und Hüttenmännischen Tag der Bergakademie erwarb. Erst 1962 konnte am Institut eine Professur für Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens geschaffen werden, auf die der Wirtschaftshistoriker, Kuczynski-Schüler und Leiter des DDR-Arbeitskreises für Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens, Eberhard Wächtler (1929–2010), berufen wurde. Unter Wächtlers Leitung wurde das Institut mit seinen vier Abteilungen für Geschichte der Produktivkräfte, für Wirtschaftsgeschichte, für Geschichte der Arbeiterklasse sowie für Kulturgeschichte im Bereich des Bergbaus und Hüttenwesens konsequent zum »Leitzentrum« aller montanhistorischen Forschungen in der DDR ausgebaut. Wächtlers Persönlichkeit und Tatkraft sowie seinen guten Verbindungen als SED-Mitglied bis in die höchsten Partei- und Regierungskreise der DDR hinein ist es zu verdanken, dass diese führende Position des Freiburger Instituts innerhalb der montanhistorischen Forschung bis zur Wende 1989/90 erhalten blieb. Zeugnis davon legen nicht nur die Freiburger Forschungshefte der Reihe D, sondern auch zahllose historische »Belegarbeiten« und Promotionen ab, die unter seiner Leitung in Freiberg entstanden. Maßgeblich beteiligt war Wächtler darüber hinaus an

der Entstehung der zweibändigen Festschrift zum 200-jährigen Jubiläum der Bergakademie sowie an der Organisation der Festveranstaltungen im Jahr 1965, an der Herausgabe der Teubner-Biographienreihe »Hervorragende Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner«, der Reihe »Ostwaldts Klassiker der exakten Naturwissenschaften« sowie der »Sächsischen Heimatblätter«. Er selbst publizierte im Laufe seines Lebens über 500 Beiträge vor allem zur Geschichte des Bergbaus und Hüttenwesens, zur Sozialgeschichte der Bergarbeiterschaft, zur Geschichte der Bergakademie sowie zur Pflege technischer Denkmale in der DDR. International war Wächtler u. a. auch in führender Position als Mitglied des Internationalen Komitees für Geschichte der Technik (ICOTHEC), des Internationalen Komitees für die Erhaltung des industriellen Erbes (TICCIH) oder als Mitglied des Internationalen Komitees für technische und wissenschaftliche Museen (CIMUSET) tätig.

Seit 1980 fungierte Wächtler als Leiter der »Arbeitsgruppe Technische Denkmale« beim Nationalen Rat für die Pflege des kulturellen Erbes in der DDR und ab 1984 als Leiter der ministeriellen Arbeitsgruppe »Nationales Technikmuseum der DDR«. Im Bereich des Erhalts technischer Denkmale war Wächtler u. a. aktiv an der Rekonstruktion der Happelshütte in Schmalkalden, des Tobiashammers in Ohrdruff oder des Freibergsdorfer Hammers in Freiberg, der Gründung des Bergbaumuseums Oelsnitz/Erzgebirge, dem Nachbau der Hettstedter Dampfmaschine sowie der Wiederinstandsetzung des Elbdampfschiffs Diesbar beteiligt. Noch 1989 legte er einen Entwurf für das geplante »Technische Nationalmuseum der DDR« vor, dessen Einrichtung mit dem Ende der DDR allerdings hinfällig wurde. Unter Wächtlers Leitung wurden ferner, wie bereits erwähnt, in den 1980er-Jahren an der Bergakademie Freiberg das Traditionskabinett sowie die Winkler- und die Karzer-Gedenkstätte eingerichtet.

Neben den Forschungen zur Geschichte des Montanwesens und zur Geschichte der Bergakademie Freiberg sowie der Traditionspflege an der Bergakademie institutionalisierte und professionalisierte Wächtler in der DDR-Zeit also auch die Erfassung, Dokumentation und Erforschung technischer Denkmale in der DDR. Wichtigster Partner Wächtlers war dabei der seit 1979 an der TH

Dresden als Dozent für Geschichte und Dokumentation der Produktionsmittel wirkende Freiburger Geologe Otfried Wagenbreth, mit dem Wächtler gemeinsam das mehrfache Auflagen erlebende Buch »Technische Denkmale in der DDR« (Erstausgabe 1973) oder auch die grundlegenden Werke zur Geschichte der Dampfmaschine (1986) sowie zur Geschichte des Freiburger (1986) bzw. erzgebirgischen Bergbaus (1990) publizierte.

Das auf die Montangeschichte spezialisierte Freiburger Institut Wächtlers ging im Rahmen dieser Professionalisierung und im Zuge der 3. Hochschulreform der DDR 1968 zunächst als Arbeitsgruppe Geschichte der Produktivkräfte in den Wissenschaftsbereich I der neu geschaffenen Sektion Sozialistische Betriebswirtschaftslehre an der Bergakademie über, bevor die Arbeitsgruppe 1973 als Wissenschaftsbereich IV innerhalb der Sektion wieder institutionell verselbstständigt wurde. Verbunden war dies mit einer verstärkten Orientierung auf allgemeinere Probleme der Produktivkraftentwicklung in der DDR im Kontext einer marxistisch-leninistischen Interpretation der Geschichte, wie zahlreiche Publikationen in der Reihe D der Freiburger Forschungshefte aus dieser Zeit ausweisen. Mit der Wende von 1989/90 und der Auflösung der DDR erfolgte daher 1990 nicht nur die »Abwicklung« des aus der Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft hervorgegangenen Fachbereichs Ingenieurökonomie an der Bergakademie, sondern auch die Auflösung des Wissenschaftsbereichs IV und die Streichung der Professur Wächtlers. 1992 musste Wächtler aufgrund seiner Nähe zum SED-Regime die Bergakademie endgültig verlassen. Zu seinem Nachfolger auf der im Zuge der Reorganisation der Bergakademie neu eingerichteten Professur für Technikgeschichte und Industriearchäologie sowie als Gründungsdirektor des ebenfalls neu geschaffenen »Instituts für Wissenschafts- und Technikgeschichte« (IWTG) wurde zum 1. April 1992 Otfried Wagenbreth berufen.

Die Neuorientierung der »Traditionspflege« nach 1992

Dem neu gegründeten IWTG unter Professor Wagenbreth wurden 1992 zunächst die Organisation und Durchführung des Studium generale sowie die Leitung des nunmehr in Historisches Kabinett umbenannten Traditionskabinetts und der in der Kustodie zusammenge-

schlossenen historischen Sammlungen der Bergakademie übertragen. 1993 wurde das IWTG in die neu gegründete Fakultät für Wirtschaftswissenschaften (Fakultät 6) der nunmehrigen Technischen Universität Bergakademie Freiberg integriert.

Knüpften Historisches Kabinett und Kustodie an Traditionen aus der DDR-Zeit an, so stellte die Einrichtung des Studium generale eher einen Rückgriff auf bundesdeutsche Traditionen aus der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg dar. In Westdeutschland war das Studium generale von den alliierten Siegermächten nach 1945 ganz bewusst als Instrument der politisch-demokratischen Umerziehung der Studentenschaft in der Zeit nach dem Ende des Nationalsozialismus geschaffen worden. Mit allgemeinbildenden und staatsbürgerkundlichen Lehrveranstaltungen sollte nach diesem Vorbild ab 1990 an der Bergakademie zunächst das bisherige marxistisch-leninistische Pflichtstudium ersetzt werden. In den folgenden Jahren entwickelte sich das Studium generale in Freiberg allerdings schnell weiter und bildet heute mit seinem allgemeinbildenden und fachübergreifenden Lehrangebot sowie seinen *Softskill*-Kursen einen festen Bestandteil im Studienangebot der TU Bergakademie. Aus dem Historischen Kabinett ist inzwischen das »Historicum« als Freiburger Universitätsmuseum hervorgegangen, dessen neue Ausstellung am 6. März 2015 zum Auftakt der Veranstaltungen zur Feier des 250-jährigen Jubiläums der TU Bergakademie Freiberg eröffnet wird. Sowohl für das Historicum wie auch für die Kustodie konnten, anknüpfend an die in den 1980er-Jahren noch in der DDR geschaffenen Strukturen, bis heute eigene wissenschaftliche Mitarbeiterstellen sowie eine Restauratorenstelle erhalten werden.

Eine Fortsetzung der Professionalisierung und einen weiteren Ausbau im Bereich der Lehre und Forschung zur Montan-, Wissenschafts- und Technikgeschichte sowie im Bereich der Erfassung, Dokumentation, Erforschung und Erhaltung technischer Denkmale erfuhr die »Traditionspflege« an der Bergakademie im Rahmen des IWTG ab 2001 mit dem Aufbau des deutschlandweit einmaligen Studienprogramms für Industriearchäologie (Bachelor und Master) und Industriekultur (Master). Im Rahmen der Professur für Technikgeschichte und Industriearchäologie etablierten

sich dabei neben den bisherigen traditionellen Forschungsschwerpunkten in der Geschichte des Montanwesens und der Geschichte der Bergakademie neue Forschungsgegenstände wie die Industriearchäologie und Industriekultur, die historische Innovationsforschung, die Umweltgeschichte, die allgemeine Wissenschafts- und Technikgeschichte sowie die Sammlungsgeschichte. Vor allem im Bereich der Industriearchäologie und Industriekultur vermochte sich das IWTG dank zahlreicher Drittmittelprojekte mit nationalen und internationalen Partnern, mit der Durchführung nationaler und internationaler Tagungen sowie durch das Engagement seiner Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in zahlreichen nationalen und internationalen wissenschaftlichen Organisationen inzwischen eine weltweite Anerkennung zu verschaffen. Konsequenterweise wurde daher das Institut 2011 in Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte umbenannt.

Die Berufung des Direktors des IWTG in internationale Gremien wie ICOMOS (Internationaler Rat für Denkmalpflege) oder in den Vorstand von TICCIH (Internationales Komitee zum Erhalt des industriellen Erbes), auf führende Positionen in nationalen wissenschafts- und technikhistorischen Gesellschaften wie der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik (DGGMNT, Vorsitzender 2000–2003) oder der Georg-Agricola-Gesellschaft für Technikgeschichte und Industriekultur (GAG, Vorsitzender seit 2012), in wissenschaftliche Beiräte, u. a. des Deutschen Bergbau-Museums Bochum (2001–2010), des Bergbaumuseums Oelsnitz/Erzgebirge (seit 2007) oder der Welterbestätte Goslar/Rammelsberg (seit 2008) sowie als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats für Sächsische Industriekultur beim Zweckverband Sächsisches Industriemuseum (seit 2009) und als Mitglied des Sächsischen Kultursenats (seit 2011) zeugen von der regionalen, nationalen und internationalen Anerkennung der industriearchäologischen sowie wissenschafts- und technikgeschichtlichen Lehre und Forschung am IWTG der TU Bergakademie Freiberg.

Ihren vorläufigen Höhepunkt haben die Traditionspflege und die mit ihr verbundene wissenschaftliche Forschung an der Bergakademie sicherlich in dem seit nunmehr 14 Jahren laufenden Projekt zur Nominierung der grenzüberschreitenden



Studentische Mitarbeiter des XIV. Internationalen TICCIH Kongresses in Freiberg 2009



Studierende der Industriearchäologie bei der Grabung im Maschinenhaus der Tuchfabrik Pfau in Crimmitschau im Rahmen des industriearchäologischen Projektseminars im Sommersemester 2014

Montanen Kulturlandschaft Erzgebirge/ Krušnohoří für das UNESCO-Weltkulturerbe gefunden. Die dafür notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen und Voraussetzungen hat seit 2000 eine Projektgruppe am IWTG erarbeitet. Im Januar 2014 konnte der über 1.430 Seiten starke Nominierungsantrag des deutsch-tschechischen Gemeinschaftsprojekts bei der UNESCO in Paris eingereicht werden. Im Falle einer erfolgreichen Prüfung (2015) und Bewilligung des Antrags (2016) werden 85 ausgewählte Bestandteile mit über 500 Einzelobjekten als Sachzeugen der über 800-jährigen Montangeschich-



Schülerkurs des IWTG in Muldenhütten im Sommer 2013



Studierende der Industriearchäologie präsentieren die Ergebnisse ihrer Projektarbeit im Kraftwerk Hirschfelde im September 2013

te des sächsischen und böhmischen Erzgebirges in das Weltkulturerbe der Menschheit aufgenommen. Unter ihnen befinden sich von der Bergakademie als der ältesten, noch bestehenden Montan-

hochschule der Welt als historische Sachzeugen der Gebäudekomplex an der Akademiestraße/Nonnengasse/Prüferstraße, der Wernerbau sowie die Schachanlage Alte Elisabeth.



TU Bergakademie Freiberg, Detlev Müller

Das Krügerhaus ist der Sitz der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung und Ausstellungsort für Minerale deutscher Fundorte.

Förderer der Bergakademie Stiftungskultur seit Anbeginn

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser

Die heutige Technische Universität Bergakademie Freiberg (Bergakademie) ist seit ihrer Gründungsphase durch stifterliches Engagement geprägt. Daraus hat sich eine eigenständige Stiftungskultur entwickelt, die bis heute ein besonderes Kennzeichen ist. Das belegt beispielsweise die explizite Darstellung der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung im Sächsischen Hochschulentwicklungsplan,¹ womit eine Maßgabe für alle sächsischen Hochschulen abgeleitet wird. Im Hochschulentwicklungsplan der Bergakademie² finden sich neben einer Würdigung der historischen Entwicklung, etwa der Gründung der Braunkohlenstiftung im Jahr 1918, Ausführungen zu bedeutenden Stiftungen, die in der zurückliegenden Dekade dieses Jahrhunderts an die Bergakademie kamen. Genannt werden die terra mineralia, die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung sowie die Stiftung Technische Universität Bergakademie Freiberg mit ihren jeweiligen Fonds. Beispiele dafür sind der SolarWorld-Stiftungsfonds für Forschung und Lehre und der Frank Michael und Marianne Engel-Stiftungsfonds. Darüber hinaus verweist das Dokument auf die

Trägerschaft der Bergakademie für die im Jahr 2008 gegründete Stiftung Mineralogische Sammlung Deutschland. Nachfolgend finden sich ein knapper historischer Abriss zum Thema sowie eine kurze Darstellung zum Wirken der derzeit aktiven Stiftungen.

Im Jahr 1702 wurde auf Antrag des Oberberghauptmanns Abraham von Schönberg durch den sächsischen Landesherrn, König Friedrich August, eine Stipendienkasse in Freiberg ins Leben gerufen. Damit wurde zugleich eine Basis für die dann im Jahr 1765 erfolgte Gründung der späteren Bergakademie bereitet. Die Stipendienkasse war der erste ständige staatliche Fonds und ermöglichte die Aufnahme des regulären Unterrichts im Berg- und Hüttenfach beim Oberbergamt zu Freiberg.³ Der Fonds umfasste einen Betrag von jährlich 300 Gulden und diente der Finanzierung der Ausbildung in der *Berg- und SchmelzWissenschaft* sowie von Fortbildungsreisen der Stipendiaten in andere Bergreviere. Die Ausbildungskosten in einem Fach wurden auf 50 Gulden festgesetzt. Damit konnten jährlich bis zu sechs Stipendiaten unterstützt werden.³

Ein wichtiger Meilenstein für die Stiftungsgeschichte der Bergakademie war die Einrichtung der Werner-Stiftung im

April des Jahres 1814. Das Stiftungsvermögen speiste sich aus dem Erlös der vom sächsischen Staat erworbenen naturhistorischen Wernerschen Sammlungen. Die Erträge flossen der Bergakademie direkt zu.³ Für den weiteren Verlauf des 19. Jahrhunderts ist die Gründung bzw. Einrichtung weiterer 14 Stiftungen und Stipendien dokumentiert – etwa das vom ehemaligen Bergakademisten Freiherrn von Burgk finanzierte Glückauf-Stipendium, das für Studienreisen von Auszubildenden in den Steinkohlenbergbau außerhalb Sachsens vorgesehen war.³ Ein weiteres Beispiel ist die zu Ehren des Bergrats und Professors Bernhard von Cotta von Schülern und Freunden eingerichtete Bernhard-von-Cotta-Stiftung, deren Zinserträge insbesondere für die Finanzierung geologischer Exkursionen verwendet werden konnten.³

Im 20. Jahrhundert kamen insgesamt 23 weitere Stiftungen, Stipendien und Preisdotierungen hinzu. Die Inflation und die Einziehung des verbliebenen Stiftungsvermögens nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges durch die zentrale Verwaltung der Besatzungsorgane führten ein vorläufiges Ende des Stiftungswezens an der Bergakademie herbei.³ Der Großteil ihrer derzeit bestehenden Stiftungen und Preisfonds wurde nach der Wiedererlangung der deutschen Einheit im Jahr 1990 eingerichtet.

1998 wurde anlässlich des 175-jährigen Bestehens der Kreissparkasse Freiberg die Sparkassen-Stiftung TU Bergakademie Freiberg gegründet.³ Außer in verschiedenen Projekten engagierte sich die Stiftung seit dem Sommersemester 2011 auch im Rahmen des sog. Deutschlandstipendiums an der Bergakademie. Mit dem Deutschlandstipendium unterstützen der Bund und weitere Förderer leistungsstarke Studierende jeweils zur Hälfte mit insgesamt 300 Euro monatlich.⁴ Die Sparkassen-Stiftung TU Bergakademie Freiberg zählte zu den ersten Förderern des Deutschlandstipendiums; dieser Kreis umfasst derzeit 40 Stifter.

Ein weiterer Meilenstein in der Freiburger Stiftungsgeschichte war die Einrichtung der Stiftung Technische Universität Bergakademie Freiberg im Jahr 2002. Zweck dieser Stiftung ist die Förderung der Lehre und Forschung an der Bergakademie. Neben der diesbezüglich erforderlichen personellen und materiellen Absicherung soll die Gewinnung von

1 Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Der Sächsische Hochschulentwicklungsplan bis 2020 – Leitlinien und Instrumente für eine zukunftsfähige Entwicklung der sächsischen Hochschullandschaft.

2 Hochschulentwicklungsplan TU Bergakademie Freiberg 2012–2020.

3 Siegfried Richter, Stiftungen an der TU Bergakademie Freiberg in Gegenwart und Geschichte 1702–2002, 2002.

4 Siehe dazu S. 166–167.

Wissenschaftlern aus anderen Einrichtungen und der Industrie zur weiteren Profilbildung der Lehre sowie zur Vertiefung von Forschungs Kooperationen unterstützt werden. Auch diese Stiftung engagiert sich von Beginn an im Rahmen des Deutschlandstipendiums. Sie verwaltet zugleich den Stiftungsfonds Hermann Spamer, den SolarWorld-Stiftungsfonds für Forschung und Lehre, den Stiftungsfonds Ursula und Prof. Dr. Wolf-Dieter Schneider und den Frank Michael und Marianne Engel-Stiftungsfonds.

Durch die im Dezember des Jahres 2006 vom Münchner Unternehmerpaar Erika und Peter Krüger gegründete Dr.-Erich-Krüger-Stiftung erhielt die Bergakademie das größte einer staatlichen Hochschule in Deutschland jemals zuerkannte Stiftungsvermögen. Primärer Stiftungszweck ist die Förderung praxis- und anwendungsbezogener Wissenschaft und Forschung an der Bergakademie. Die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung fördert mit dem Freiburger Hochdruck-Forschungszentrum und dem Bio-Hydrometallurgischen Zentrum für strategische Elemente (BHMZ) zwei Forschungskollegs. Derzeit werden 13 Promovierende durch ein Krüger-Stipendium im Rahmen des zweiten Forschungskollegs BHMZ unterstützt. Daneben finanziert die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung die Krüger-Kolloquien, eine Veranstaltungsreihe der Graduierten- und Forschungsakademie, die ihrerseits durch die Hilfe der Stiftung ins Leben kam und auch fortlaufend maßgeblich von ihr getragen wird. Zu den Veranstaltungen der Krüger-Kolloquien kommen renommierte Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Gesellschaft und Politik zu Wort. Sie beziehen zu aktuellen Themen Stellung und berichten unmittelbar aus ihrem Schaffen. Beispiele für Vortragsthemen und Referenten finden sich im vorliegenden Heft an anderer Stelle.⁵ Die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung unterstützt eine besonders große Zahl von Deutschlandstipendiaten. Zudem engagiert sich die Vorsitzende des Vorstands der Dr.-Erich-Krüger-Stiftung, Erika Krüger, persönlich in diesem Zusammenhang stark und darüber hinaus in vielfältiger Weise. Weiterhin sieht die Satzung dieser Stiftung den Aufbau und Betrieb einer Geowissenschaftlichen Sammlung vor. Hierfür bietet das im Oktober des Jahres 2012 eingeweihte Krügerhaus, das zugleich Sitz der Dr.-Erich-Krüger-

Stiftung ist, eine würdige Heimstatt. Dort wird seitdem eine Dauerausstellung mit Mineralen deutscher Fundorte gezeigt. Neben besonderen Stufen aus den Geowissenschaftlichen Sammlungen der Bergakademie werden Exponate der universitären Stiftung Mineralogische Sammlung Deutschland der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Im Jahr 2004 wurde der Bergakademie durch die Schweizerin Dr. Erika Pohl-Ströher mit der Pohl-Ströher-Mineralienstiftung eine der bedeutendsten und wertvollsten privaten Mineraliensammlungen der Welt als Dauerleihgabe gestiftet. Seit Oktober 2008 sind die prächtigsten Ausstellungsstücke in der Schau terra mineralia dauerhaft für die Öffentlichkeit zugänglich. Besucher aus aller Welt würdigen besonders die Schönheit der Stufen von Fundorten aller Kontinente in großer Formen- und Farbenvielfalt.

Zusätzlich existieren zahlreiche Preise und Stipendien, die leistungsstarken und engagierten Studierenden und Promovierenden zugute kommen. Beispiele hierfür sind die Agricola-Preise der Michael-Jürgen-Leisler-Kiep-Stiftung für sehr gute Studienabschlüsse, der Werner-Freiesleben-Preis, mit dem die Freiburger Compound Materials GmbH und die Familie Federmann Studierende der Natur- und der Werkstoffwissenschaften an der Bergakademie unterstützen sowie das Federmann-Stipendium, das den Forschungsaufenthalt von Freiburger Graduierten an einer wissenschaftlichen Einrichtung in Israel fördert.

Im Zusammenhang mit dem Festjubiläum wurde für die Unterstützung von Forschung und Lehre an der Bergakademie eine Serie von Jubiläumsschatzrunden aufgelegt. Ab einer Spende von 25.000 Euro werden die Erwerber der Jubiläumsschatzrunden auf der Ehrentafel der Stifter und Sponsoren der Bergakademie, die im Hof des Universitätshauptgebäudes ihren Platz hat, namentlich genannt. Zudem führt die Zuwendung von mindestens 25.000 Euro (Privatpersonen) bzw. 100.000 Euro (Unternehmen) zur Mitgliedschaft im Stifterrat der Stiftung Technische Universität Bergakademie Freiberg.

Unter den ersten Erwerbern einer Schatzrunde ist Dr. Vu Huy Hoang, Absolvent der Bergakademie und heute Minister für Industrie und Handel Vietnams. An dieser Stelle soll auch auf das weitergehende Engagement des Stifter-

ehepaares Dr. Frank Michael und Marianne Engel hingewiesen werden. Nach der Sanierung zweier, für die Altstadt bedeutsamer Gebäude (Silbermannstraße 2 und Lomonossow-Haus) stellten sie diese der Bergakademie zur Nutzung zur Verfügung.

Der Stiftungsgedanke erfährt laufende Weiterentwicklung. Ein aktuelles Beispiel ist die Übergabe eines umfangreichen Fachbuchbestands an das Institut für Experimentelle Physik der Bergakademie. Im Rahmen der vorgesehenen Einrichtung einer Stiftung stellt damit Professor Peter Paufler (Dresden) als Privatperson eine wichtige Grundlage für kristallographisch orientierte wissenschaftliche Arbeit zur Verfügung.

Schwierig gestaltet sich die Arbeit der Stiftungen derzeit angesichts der anhaltenden Niedrigzinsphase, welche die aus reinem Finanzkapital bestehenden Stiftungsvermögen schmälert. Daraus leitet sich auch ein Impuls ab, zumindest teilweise mit der Idee des Ewigwährenden zu brechen. So kann gerade für jüngere Stifter die Bereitstellung eines Vermögenswerts für eine Laufzeit von nur einigen Jahren im Sinne einer Verbrauchsstiftung attraktiv sein.

Über die satzungsgemäße Verwendung der Stiftungsmittel entscheiden Vorstände, denen renommierte Persönlichkeiten, allesamt einschlägig profilierte Fachleute, angehören. Die Vorstandsmitglieder gestalten so das Leben an der Bergakademie und deren Entwicklung mittelbar und teilweise auch direkt mit. Wenn über die heutigen Leistungen und Erfolge der Bergakademie gesprochen wird, kann dies folglich nicht geschehen, ohne auf die wichtige Unterstützung durch ihre Stiftungen einzugehen. Dies betrifft zum einen natürlich die Bereitstellung finanzieller Mittel, zum anderen aber, mindestens ebenso bedeutsam, die Kultur und den gelebten Gedanken des Stiftens. Insgesamt finden durch die Stiftenkultur die persönliche Verbundenheit mit der Bergakademie und der Wille, als Privatperson und Institution die Entwicklung von Lehre und Forschung direkt zu unterstützen und auch zu gestalten, einen unmittelbaren Ausdruck. Für die Gewinnung potenzieller Stifter sollten das erfolgreiche Wirken der etablierten Stiftungen und auch die Aufrechterhaltung einer lebenslangen Verbundenheit der Absolventen, Mitarbeiter und Partner mit der Bergakademie eine gute Basis sein.

5 Vgl. dazu S. 129–131.

Günter Heinisch – leidenschaftlicher Mineraliensammler und edler Spender für die TU Bergakademie

Andreas Massanek, Werner Mergner, Hans-Jürgen Kretzschmar

Anfang August 2013 versuchte Karlheinz Gerl, langjähriger Sammelfreund von Günter Heinisch, vergeblich Kontakt zum Geschäftsführer der Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg, Andreas Massanek, herzustellen, der zu dieser Zeit im Urlaub war. Herr Gerl, der als Leiter des Vereins der Hofer Mineralienfreunde und Mitveranstalter der Mineralienbörse Markt-leuthen schon Jahrzehnte mit den Sammlungen der Bergakademie durch intensive Tauschkontakte verbunden ist, wollte vom Ableben Herrn Heinischs informieren. Über Gerl kamen auch vor etwa 20 Jahren die ersten Kontakte zu dem Mineraliensammler und Naturfreund Günter Heinisch zustande. Regelmäßig unternahm die Sammlergruppe Exkursionen ins nahe Erzgebirge und besuchte dabei auch die Mineralogische und die Lagerstätten-Sammlung in Freiberg.



Günter Heinisch und Andreas Massanek bei einer Führung in der terra mineralia im Oktober 2008

Günter Heinisch war nicht nur von den Sammlungen sehr beeindruckt, sondern vor allem von den Aktivitäten der Mitarbeiter, sei es bei den die regelmäßigen Sonderausstellungen in Freiberg oder ihren vielen Auftritten auf Mineralienmessen und Vortragsveranstaltungen außer Haus. So beschloss Günter Heinisch schon vor vielen Jahren, die Geowissenschaftlichen Sammlungen zu unterstützen. Kurz vor Weihnachten gingen jährlich Geldspenden ein. Bei einem Treffen zu den Münchener Mineralientagen im Jahr 2004, als die Freiburger mit einer Aufsehen erregenden Sonderaus-

stellung auf die Pohl-Ströher-Mineralienstiftung und die in Vorbereitung befindliche Sanierung von Schloss Freudenstein sowie die Entstehung der Ausstellung terra mineralia aufmerksam machten, teilte er dem Kustos der Mineralogischen Sammlung, Herrn Andreas Massanek, mit, dass er beabsichtige, die Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie weiterhin zu unterstützen. Dieses Bekenntnis wiederholte er später noch einmal, als er gemeinsam mit seinen Sammlerfreunden zur Eröffnung der terra mineralia im Oktober 2008 die neue Ausstellung in Freiberg besuchte. Um welche Summe es dabei gehen sollte, wurde nie besprochen.

Günter Heinisch wurde 1931 in Hof als Sohn eines Rechtsanwalts geboren. Seine Jugend verbrachte er in seiner Heimatstadt. Nach dem Besuch der Volksschule wechselte er auf das Humanistische Gymnasium, an dem er 1949 die Abiturprüfung ablegte. Wegen der damals unsicheren wirtschaftlichen und politischen Verhältnisse verzichtete er auf ein Universitätsstudium und absolvierte dafür eine Banklehre. Nach Ende der Lehrzeit wurde Heinisch für vier Jahre als Bankkaufmann an der Niederlassung der Dresdner Bank in Nürnberg tätig. 1957 folgte er einem Angebot des damals schon berühmten Porzellanher-

stellers Rosenthal, in der kaufmännischen Hauptverwaltung in Marktredwitz zu arbeiten. Bei diesem Unternehmen blieb Günter Heinisch bis zu seinem altersbedingten Ausscheiden, viele Jahre davon in führender Position als Leiter des Finanz- und Rechnungswesens einer Tochterfirma.

Der überzeugte Oberfranke verfolgte etliche Hobbys. Sportlich interessierte ihn vor allem das Bergsteigen; daneben die Fotografie und das Briefmarkensammeln. Leidenschaftlich verbunden war er schon seit seiner Jugendzeit dem Mineralsammeln. Seine Steinsammlung verblüffte nicht nur Laien.

Im Mittelpunkt seines Lebens stand allerdings seit 1966 die Freimaurerei. In diesem Jahr wurde er in die Loge »Zum Morgenstern« aufgenommen und drei Jahre später zum »Meister der königlichen Kunst« erhoben. In seiner Loge versah der umfassend gebildete Günter Heinisch zahlreiche Ämter. Im Jahr 2011 wurde er aufgrund seiner Verdienste zum Ehrenmitglied ernannt. Zwei Jahre später, am 1. August 2013, starb er nach langer Krankheit in einem Hofer Altenheim.

Seinen freimaurerischen Brüdern, die ihn bis zu seinem Tod betreuten, teilte er schon Monate vor seinem Ableben mit, dass er beabsichtige, einen erheblichen



Der Abraham-Gottlob-Werner-Bau beherbergt die Ausstellungen der Mineralogischen, Petrologischen und Lagerstätten-Sammlungen und das Institut für Mineralogie.

Foto: Andreas Massanek



Treff mit Vertretern der Freimaurerloge »Zum Morgenstern« in Hof am 2. Mai 2014. V.l.: Prof. Horst Brezinski, Werner Mergner, Andreas Massanek, Georg Leichauer, Prof. Hans-Jürgen Kretzschmar, Klaus Pluskiewitz

Teil seiner Hinterlassenschaft zu Gunsten der Geowissenschaftlichen Sammlungen in Freiberg in seinem Testament zu verwenden.

So formulierte er testamentarisch sein Vermächtnis, 60 Prozent seines Erbes dem Verein »Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.« zuzueignen, über den er in den vergangenen Jahren stets seine Spenden geleitet hatte. Das Vermächtnis soll für die Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg eingesetzt werden. Immerhin handelt es sich dabei um einen siebenstelligen Euro-Betrag. Der Verein VFF nimmt dieses Erbe in Respekt und Dankbarkeit auf und wird das formulierte Vermächtnis in Hochachtung vor Günter Heinisch voll befolgen. Das wurde auch seinen Lebensfreunden und Mitbrüdern in Hof während einer sehr freundlichen Begegnung und eines

Gedenkens am Grab zugesichert. Das Kapital ist zunächst in ein Zweckprojekt »Günter Heinisch Erbe« überführt worden, so wie viele andere gemeinnützige Zweckprojekte der TU Bergakademie (allerdings von zahlenmäßig geringem Umfang), die vom Verein betreut werden. Während dieser Projektzwischenstation wird die Gründung der gemeinnützigen Stiftung »Günter Heinisch-Stiftung des Fördervereins VFF für die Geowissenschaftlichen Sammlungen in Freiberg« – kurz »Heinisch-Stiftung« – vorbereitet, wozu ein nicht unbedeutender juristischer und organisatorischer Aufwand zu leisten ist. Diese Stiftung mit ihrem Kapitalstock wird den Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie dauerhaft und jährlich eine finanzielle Förderung ermöglichen, um den gemeinnützigen Stiftungszielen zu entsprechen:



Prof. Kretzschmar, Andreas Massanek und Prof. Brezinski mit einem Blumengruß am Grab von Günter Heinisch

- a) die wissenschaftliche Betreuung und Erweiterung der Sammlungen,
- b) die Förderung innovativer Forschungsansätze, die zu den Sammlungen einen Bezug haben,
- c) die Förderung des öffentlichen Erscheinungsbildes der Sammlungen,
- d) die Förderung öffentlicher Bildungsangebote mit den Sammlungen.

Ein dreiköpfiger Stiftungsvorstand wird das Stiftungswerk jährlich betreuen, der einem fünfköpfigen Stiftungskuratorium Rechenschaft legt. Die Heinisch-Stiftung wird die erste kapitalstarke und vom Verein VFF gegründete sowie betreute Stiftung für Zwecke der Technischen Universität Bergakademie sein. Sie dient als Beispiel für künftige ähnliche Vorhaben. Sie ist offen für weitere Stiftungen. Sie bietet sich als »Muster« für Erblasser und auch aktuelle Förderer der TU Bergakademie an, die unsere Alma Mater auf diesem Wege unterstützen und sich im Stiftungsnamen »unsterblich« gemacht sehen wollen. Der Verein VFF wird solchen Vermächtnissen stets treu nachkommen.

Das Günter-Heinisch-Erbe widerspiegelt aber auch die Strahlkraft der Geowissenschaftlichen Sammlungen in Freiberg, insbesondere der terra mineralia.

Es zeigt auch, wie langjährige persönliche und vertrauensvolle Kontakte von Bergakademisten in die Welt zu beglückenden Hinterlassenschaften führen können. Diese sind morgen notwendiger und fördernder als heute. Alle Stiftungsbeteiligte freuen sich dankbar, den Geowissenschaftlichen Sammlungen eine jährliche Finanzunterstützung geben zu können, damit der Freiburger Mineralienstern ewig leuchten möge.



Blick in die Mineralogische Sammlung im Werner-Bau

Foto: Andreas Massanek

Der Förderverein – Säule und Brücke unserer Universität

Hans-Jürgen Kretzschmar, Stefanie Preißler

Von der Vereinsgründung 1921 bis zur Auflösung 1945

*In immer steigendem Maße erschweren es die Teuerungsverhältnisse allen Hochschulen und so auch der Freiburger Bergakademie, die ihnen obliegenden Aufgaben der Forschung und Lehre zu erfüllen und eine genügende Anzahl wissenschaftlich und praktisch auf der Höhe stehender junger Männer heranzubilden, wie sie die Industrie in Zukunft mehr denn je braucht.*¹

Mit diesem Satz beginnt am 27. April 1921 der Aufruf zur Gründung einer akademischen Fördergesellschaft an der Bergakademie Freiberg. Neben dem Professorenkollegium der Bergakademie unterzeichneten zahlreiche, der Bergakademie nahestehende Industrievertreter diesen Aufruf.² Dass dieses Engagement letztendlich von Erfolg gekrönt war, belegt die Vereinsgründung der »Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg e. V.« am 3. Dezember 1921 in der alten Aula der Bergakademie.³

Der Aufbau von akademischen Hochschulgesellschaften und Fördervereinen zur privaten Hochschul- und Wissenschaftsförderung war in dieser Zeit keine Seltenheit, reagierten doch so die Hochschulmitglieder unmittelbar auf die wirtschaftlichen Probleme des Staates im und nach dem Ersten Weltkrieg und die ab 1918 einsetzende Studentenschwemme. Die erste deutsche Hochschulgesellschaft entstand 1917, initiiert vom Industriellen Carl Duisberg an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Weitere solche Gesellschaften bzw. Vereine folgten beispielsweise an der Technischen Hochschule Braunschweig, der Universität Jena und der Technischen Hochschule Dresden.⁴ So verwundert es

nicht, dass sich auch die Bergakademie Freiberg dieser Entwicklung anpasste. Die Gesellschaft der Freunde der Bergakademie verfolgte den Zweck: *die Bergakademie und ihre Studierenden bei Erfüllung ihrer Aufgaben auf dem Gebiete der Forschung und Lehre [zu] beraten und [zu] unterstützen und eine enge und dauernde Verbindung zwischen der Hochschule, ihren ehemaligen Angehörigen und den ihr beruflich nahestehenden Kreisen her[zustellen].*⁵

Dieses Ziel wurde durch das Sammeln von Mitgliedsbeiträgen und Spenden realisiert, aus denen dann Beihilfen für Forschungsarbeiten, Institutsausstattungen und die direkte Unterstützung von Studenten finanziert wurden. Die Leitung der Gesellschaft führten dabei der Vorstand, der Verwaltungsrat und die Hauptversammlung aus.⁶ Die jährliche Festsitzung und Hauptversammlung fanden zunächst im Sommersemester, später dann im vierten Kalenderquartal in Freiberg statt.⁷ Gegenstand der Festsitzung waren verschiedene Vorträge, Forschungsdiskussionen, Besichtigungen von Sammlungen, Instituten und anderen Einrichtungen der Hochschule sowie »Lehrfahrten« genannte Exkursionen.⁸ Den ersten Vorsitz der Gesellschaft übernahm von 1921 bis zu seinem Tod 1928 der Direktor des Krupp-Gruson-Werkes in Magdeburg-Buckau und Präsident des Reichsverbandes der Deutschen Industrie, Kurt Sorge.⁹ Stellvertretender

Vorsitzender wurde qua Amt der amtierende Rektor der Bergakademie Freiberg, weshalb zuerst Prof. Otto Fritzsche von 1921 bis zum Ende seiner Amtszeit 1922 diese Funktion wahrnahm. Die Position des Schatzmeisters wurde mit Werner Hofmann, Direktor der Freiburger Porzellanfabrik und wichtiger lokaler Industrievertreter, besetzt.¹⁰ Der jährlich zu entrichtende Mitgliedsbeitrag betrug für Einzelpersonen 100 Mark und für juristische Personen oder Firmen mindestens 500 Mark.¹¹ Ehemalige und aktuelle Angehörige der Bergakademie Freiberg zahlten die Hälfte. Für zahlungskräftige Mitglieder war es möglich, den Sonderstatus eines »Förderers« zu erwerben und damit über die Verwendung des Spendengeldes zu bestimmen.¹² Da die Beiträge für die Studierenden, gerade in der angespannten finanziellen Situation der 1920er-Jahre, zu hoch waren, sind für die Gründungszeit keine studentischen Mitglieder in den Listen nachweisbar. Drei Vertreter der Studentenschaft wurden jedoch bei den Sitzungen des Verwaltungsrats und der Hauptversammlung mit beratender Stimme hinzugezogen, wenn über die Verwendung der Mittel der Gesellschaft entschieden wurde.¹³

Auch nach der Bildung der Gesellschaft engagierten sich die Industrievertreter und warben in ihrem Umfeld intensiv um weitere Mitglieder, beispielsweise durch das Versenden von Rundschreiben. Wiederholt wird in diesen Schreiben auf die schwierige Finanzlage des sächsischen Staates hingewiesen, der seiner Aufgabe zur Finanzierung der Hochschulen nicht mehr gerecht wurde.¹⁴ Dank solcher Werbemaßnahmen der Industrie – aber auch vonseiten der Bergakademie – bestand die Gesellschaft knapp ein halbes Jahr nach ihrer Gründung am 1. Juni 1922 aus 518 Mitglie-

sens 1914–1930. Das Beispiel der TH Braunschweig, Hildesheim 1991, S. 304.

5 Satzung der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg, Freiberg 1922, § 2, 2.

6 Der Vorstand bestand zunächst aus dem Vorsitzenden, dem Stellvertreter, dem Schatzmeister und vier Beigeordneten, die für die Dauer von drei Jahren gewählt wurden. Ebenso mit dreijähriger Amtsdauer engagierten sich 30 ordentliche Mitglieder im Verwaltungsrat, mindestens sieben davon Vertreter der Bergakademie, sowie die Ehrenmitglieder. Vgl. Satzung der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg, Freiberg 1922, § 11, § 15.

7 Vgl. Satzung der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg, Freiberg 1922, § 2 und § 18; Satzung der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg, Freiberg 1930, § 18.

8 Vgl. Satzung der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg, Freiberg 1922, § 18.

9 Vgl. Wagenbreth, Otfried; Pohl, Norman; Kaden, Herbert: Die Technische Universität Bergakademie Freiberg und ihre Geschichte, 2. Aufl., Freiberg 2008, S. 71 und SächsBergAFG

40109-1, 1385, Akte nicht foliiert, Nachruf für Kurt Sorge vom 13. September 1928.

10 Vgl. Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg (Hg.): 1. Bericht vom Jahre 1922, S. 16.

11 Vgl. Satzung der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg, Freiberg 1922, § 4, 1.

12 Vgl. ebenda, § 5.

13 Vgl. ebenda, § 21.

14 Vgl. SächsBergAFG 40109-1, 1385, Akte nicht foliiert, Rundschreiben des Generaldirektors des Erzgebirgischen Steinkohlenvereins Zwickau, Oskar Jobst, vom 9. März 1922.

dern.¹⁵ Es war gelungen, mit der Degussa, dem Krupp-Gruson-Werk Magdeburg, den Lauchhammerwerken, der Grubenslampenfabrik Friemann & Wolf und der Freiburger Porzellanfabrik, namhafte Firmen als Mitglieder zu gewinnen.¹⁶ Als Förderer traten auch Einzelpersonen auf. Mit dem in New York lebenden amerikanischen Bergingenieur Frederic Gleason Corning, der bis 1879 an der Bergakademie Freiberg studiert hatte, engagierte sich unmittelbar ein Absolvent der Hochschule. Bezeichnenderweise erhielt er 1922 die Ehrensensorenwürde *in Anerkennung seiner Verdienste um die Förderung der Bergakademie Freiberg*.¹⁷

Das Gros der Mitglieder stammte jedoch aus der näheren Umgebung von Freiberg sowie aus dem weiteren mitteleuropäischen Raum. Auffallend ist eine Konzentration der »Förderer« in den mitteleuropäischen Steinkohlen- und Braunkohlenrevieren. Dies verwundert aber aufgrund der wissenschaftlichen Ausrichtung der Bergakademie Freiberg in der Zeit der Weimarer Republik nicht weiter.

Trotz der Inflation gelang es dem Schatzmeister, 9.500 RM von den Mitteln der Gesellschaft zu erhalten, sodass diese ab 1924 ihre Fördertätigkeit tatsächlich aufnehmen konnte.¹⁸ Die meisten Zuwendungen erhielten in der Folgezeit verschiedene Institute, die Bücherei sowie die Studentenschaft. Ab dem Ende der 1920er-Jahre hatte der Verein jedoch zunehmend mit einem Mitgliederschwund zu kämpfen. Nach dem Höchststand 1924 mit 713 Mitgliedern sank deren Zahl kontinuierlich. 1929 waren es noch 644, und an der Mitgliederversammlung am 13. November 1931 nahmen nur noch 26 Personen teil.¹⁹ Mit diesem Problem befasste sich das 1930 neu gewählte geschäftsführende Vorstandsmitglied Prof. Franz Kögler, der Prof. Emil Treptow ablöste. Kögler behielt bis



Erste Mitgliederversammlung am 13.11.1990 nach Wiedergründung des VFF

zu seinem Freitod 1939 diese Funktion.²⁰ Durch den Tod von Kurt Sorge 1928 gab es zuvor schon einen Wechsel beim Vorstandsvorsitz; diese Funktion hatte nun der Geheime Rat, Oberberghauptmann a. D. und Ehrendoktor der Bergakademie Karl Heinrich Fischer inne. Im Jahr 1931 übernahm die Gesellschaft die Herausgeberschaft der »Blätter der Bergakademie Freiberg«, des zentralen Mitteilungsorgans der Hochschule.²¹

Nach Auflösung der studentischen Verbindungen an der Bergakademie Freiberg in der NS-Zeit übernahm die Gesellschaft das ehemalige Corpshaus der Saxo-Borussia und eröffnete es 1937 als »Weisbachhaus« wieder.²² Den Vereinsvorsitz hatte bereits ab 1935 Ernst Voigt, Direktor der Eintracht Braunkohlenwerke, inne.²³ Das Amt des Schatzmeisters übernahm der Bankvorstand Behnisch. Prof. Knoop war von 1939 bis 1945 geschäftsführendes Vorstandsmitglied, bis der Verein auf Befehl der sowjetischen Besatzungsmacht 1945 aufgelöst wurde.²⁴

Die Wiedergründung des Vereins der Freunde und Förderer 1990

Trotz der Vereinsauflösung 1945 dauerte die Vereinsruhe nicht bis 1990, weil sich Freiburger Bergakademisten im Jahr

1951 zur »Vereinigung Alter Berg- und Hüttenleute der Bergakademie Freiberg« in der BRD zusammenfanden. Diese Vereinigung, zwar nicht in Freiberg, sondern in Essen am 15. April 1951 gegründet, erstrebte eine Art Weiterführung der Fördergesellschaft der Bergakademie in politisch schwieriger Zeit. Mit der Wiedergründung des Vereins der Freunde und Förderer (VFF) im Jahr 1990 ging die Vereinigung sofort im VFF auf. Das 39-jährige Bestehen dieses Absolventenvereins bezeugt die feste Bindung Freiburger Absolventen an ihre Hochschule. Die mehr als 300 Mitglieder und vor allem der Vorstand hielten einen engen Kontakt zu vielen Persönlichkeiten – hauptsächlich Professoren – der Bergakademie in der Zeit der deutschen Teilung. Persönliche Besuche – oft politisch inoffizieller Natur – sowie BHT- und andere Konferenzteilnahmen und Hilfe bei der Beschaffung von Lehrmaterialien sind nur einige Zeichen dafür. Besonders hervorzuheben sind die Teilnahme von 65 Mitgliedern der Vereinigung an der 200-Jahr-Feier der Bergakademie im Jahr 1965 und der damit verbundene offizielle Rektor-Kontakt. Aus heutiger Sicht wurde so die VFF-Tradition bewahrt, weshalb in der Vereinsgeschichte nur eine Lücke von sechs Jahren verbleibt.²⁵

Im Jahr 1990 war an der Bergakademie Freiberg die vormalige Existenz der 1945 aufgelösten »Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg« zum großen Teil in Vergessenheit geraten. Während eines Besuchs von Prof. Pe-

15 Vgl. Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg (Hg.): 1. Bericht vom Jahre 1922, S. 9.

16 Vgl. SächsBergAFG 40109-1, 1385, Akte nicht foliiert, Rundschreiben des Generaldirektors des Erzgebirgischen Steinkohlenvereins Zwickau, Oskar Jobst, vom 9. März 192

17 UAF, Rektorat, 366 a, Verzeichnis der Ehrensensoren der Bergakademie.

18 Vgl. Treptow, Emil: Die Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg E.V., in: Blätter der Bergakademie Freiberg, (1929) 2, S. 8.

19 Vgl. UAF, Rektorat, 725, Gesellschaft der Freunde der Bergakademie, Bl. 40. Der Mitgliederschwund wird des Weiteren im 15. Bericht über das Geschäftsjahr 1935/36 beklagt.

20 Vgl. UAF, Rektorat, 725, Gesellschaft der Freunde der Bergakademie, Bl. 31; Vgl. ebenda, Bl. 129.

21 Vgl. ebenda, Bl. 32.

22 Vgl. Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg (Hg.): Blätter der Bergakademie Freiberg, 1938 (18), S. 30.

23 Vgl. Gesellschaft der Freunde der Bergakademie (Hg.): 15. Bericht über das Geschäftsjahr 1935/36.

24 Vgl. UAF, Rektorat, 725, Gesellschaft der Freunde der Bergakademie, Bl. 168.

25 Vgl. Gedächtnisprotokoll und Unterlagen von Prof. Dr.-Ing. Heinz Walter Wild, dem VFF im Februar 2014 zur Verfügung gestellt.

ter Hauk im Sommer 1990 in Clausthal-Zellerfeld machte ihn jedoch der dortige Kanzler, Dr. Kickartz, auf die Wichtigkeit eines akademischen Fördervereins aufmerksam.²⁶ Diese Idee übermittelte Hauk dem Rektor der Bergakademie, Prof. Horst Gerhardt. Der bevollmächtigte ihn, eine solche Vereinsgründung vorzubereiten. Im Rahmen der 225-Jahr-Feier der Bergakademie Freiberg fanden deshalb im Juni 1990 weitere Gespräche zur Gründung eines Fördervereins statt, die letztendlich in der Gründung des Vereins mit Sitz in Freiberg am 25. Juli 1990 mündeten.²⁷ Die sieben eingetragenen Gründungsmitglieder sind: Prof. Horst Gerhardt, Prof. Herbert Krug, Prof. Hans Jürgen Rösler, Prof. Werner Arnold, Prof. Jürgen Schön, Prof. Peter Hauk und Gerlinde Dietze.²⁸ Am 1. August 1990 bestanden die »Freunde und Förderer« aus 17 Personen.²⁹ Die ersten Vorstandsgespräche fanden laut Zeitzeugenberichten in der Wohnung von Werner Arnold statt. Dieser war es wohl auch, der als Erster die 1921 gegründete Vorgängergesellschaft ins Gespräch brachte. Die erste Mitglieder- bzw. Gründungsversammlung tagte zum BHT am 13. November 1990 im Agricola-Saal der Universitätsbibliothek. Als ordentliche Vorstandmitglieder standen Ende 1990 fest:

- Vorsitzender: Prof. Werner Arnold
- Stellvertreter: Dr.-Ing. Werner Hauenherm (Verbundnetz Gas AG)
- Stellvertreter: Doz. Dr. Christian Oelsner
- Stellvertreter: Prof. Christian Straßburger (Thyssen)
- Prof. Christian Wegerdt (IMA Dresden)
- Prof. Peter Hauk (amtierender Kanzler der Bergakademie Freiberg)
- Gerlinde Dietze (Dezernentin für Haushalt an der Bergakademie Freiberg)³⁰

Die Auflistung verdeutlicht, dass es frühzeitig gelang, auch Industrievertreter für

26 Vgl. Gedächtnisprotokoll zur Gründung des Vereins der Freunde und Förderer der Bergakademie Freiberg, aufgeschrieben im August 2013 von Prof. Dr. Peter Hauk.

27 Vgl. Vereinsregister, VR 347.

28 Vgl. Gedächtnisprotokoll zur Gründung des Vereins der Freunde und Förderer der Bergakademie Freiberg, aufgeschrieben im August 2013 von Prof. Dr. Peter Hauk.

29 Vgl. Antrag des Vereins »Freunde und Förderer der Bergakademie Freiberg e. V.« auf Anerkennung der Gemeinnützigkeit und steuerlicher Vergünstigungen vom 1. August 1990.

30 Vgl. Änderung beim eingetragenen Verein Freunde und Förderer der Bergakademie Freiberg vom 17. Dezember 1990.

den Vorstand zu gewinnen. Prof. Horst Gerhardt war als Rektor qua Amt Mitglied des Vorstands. Erfreulicherweise zählte der Verein knapp ein halbes Jahr nach seiner Gründung 168 Mitglieder. Die erste Barbarafeier ist für den 6. Dezember 1991 aktenkundig, die Jahresmitgliederversammlung fand hingegen schon im Oktober 1991 zum Tag der Immatrikulation an der Bergakademie statt.³¹

Der Verein heute und morgen

Der VFF wird heute von etwa 1.250 Mitgliedern getragen, darunter sind über 100 juristische, also Firmenmitglieder. Knapp 100 Personen sind vom Alter her unter 30 Jahre, demnach also Studenten und junge Absolventen. Allerdings liegt das Durchschnittsalter aller Vereinsmitglieder bei ca. 57 Jahren. Es ist das Merkmal aller Universitätsfördervereine, dass ihre Mitglieder sich erst im Alter auf die Wurzeln ihrer beruflich-sozialen Bildungsentwicklung besinnen. Im Vergleich zu anderen akademischen Fördervereinen, beispielsweise in Dresden oder Leipzig, ist die o.g. Mitgliederzahl um ein Vielfaches höher. Der Mitgliederstand ist am ehesten mit dem der TU Clausthal vergleichbar, was die starke Identifikation insbesondere der Alumni mit ihrer montanistischen Universität belegt.



Der VFF nimmt im Auftrag der TU Bergakademie Freiberg die generelle Absolventenbetreuung über das Freiburger Alumni Netzwerk, kurz FAN, wahr. Zwei hochmotivierte Absolventenbeauftragte leisten hier eine erfolgreiche Arbeit und betreuen etwa 5.000 Alumni mithilfe einer eigenen Datenbank. Nicht jeder Absolvent muss dabei auch VFF-Mitglied sein, obwohl dieser besondere Doppelstatus grundsätzlich ideal wäre. Über das kostenfreie FAN-Netzwerk erhält er lebenslang Hochschul-Informationen und spezielle Alumni-Angebote. FAN und VFF sind zwei juristisch getrennte Institutionen, jedoch werden Synergieeffekte wahrgenommen, indem die Absolventenbetreu-

31 Vgl. Freunde und Förderer der Bergakademie Freiberg (Hg.): Mitteilung 1/91 vom 23.02.1991, S. 2.

ung organisatorisch unter dem VFF-Dach beiden Organisationen gilt.

Neben der eigentlichen Vereinsarbeit betreut der VFF finanzorganisatorisch etwa 50 Universitätsprojekte, darunter auch zehn Fach-Förderkreise an einzelnen Instituten. Diese verschiedenen Projekte betreffen sowohl Forschungs-, Entwicklungs- wie Bildungsaufgaben und Konferenzveranstaltungen bis hin zu Stiftungsverwaltungen. Seit seiner Wiedergründung hat der VFF bisher eine Projektsumme von rund 10 Mio. € betreut. Der Verein ist dadurch eine nicht unbedeutende Finanzquelle der Universität. Die vereinseigene Förderung der Studierenden und der Institute liegt bei ca. 45 T€/a. Den Kern der Vereinsarbeit bildet die direkte finanzielle Unterstützung von wissenschaftlichen Aktivitäten. Zusätzlich vergibt der Verein bedeutende Preise im Gesamtwert von 8 T€/a:

- Bernhard-von-Cotta-Preise für hervorragende Diplom-/Master-Arbeiten und Dissertationen
- Julius-Weisbach-Preise für ausgezeichnete Leistungen in der universitären Lehre
- Friedrich-Wilhelm-von-Oppel-Preis für einen sozialkulturell im Universitätsleben hochengagierten Studierenden.



Cotta-Preisträger des Jahres 2013

Der VFF gibt jährlich die Zeitschrift ACAMONTA gemeinsam mit dem Rektor der TU Bergakademie Freiberg heraus, die eine Jahresübersicht über das Geschehen an der Universität vermittelt. Sie wird von einem engagierten Redaktionsteam zu großen Teilen ehrenamtlich erarbeitet. Mit ihrer Mischung aus Wissenschaftsinformationen, Akademiennachrichten, Kulturberichten und ihrer speziellen Funktion als Spiegel des Vereinslebens spricht die ACAMONTA nicht nur die Vereinsmitglieder an. Ihr silberner Umschlag ist zum Traditionsmerkmal der Bergstadt Freiberg geworden.

Der Verein unterstützt Publikationen, die in Beziehung zur Universität und zur Stadt Freiberg stehen. Auch fördert er montanbezogene Ausstellungen im Freiburger Schloss, die zur Weiterbildung der Bürger und Touristen beitragen. Kürzlich wurde die Ausstellung »Wie Johann Sebastian Bach ein Freiburger Bergwerk unterstützte« begleitet, die auch an anderen Orten großen Anklang fand.

Aus der Stiftung von Denkmälern für Alexander von Humboldt, Ferdinand Reich/Theodor Richter sowie Wilhelm August Lampadius im Freiburger Grüngürtel entsprang das Projekt »Freiberger Gelehrtenweg«, das einen etwa einstündigen Gang durch die Freiburger Altstadt, vorbei an Denkmälern und Wirkungsstätten ausgewählter Persönlichkeiten der Bergakademie, ermöglicht.

In seinen studentischen Gesprächsabenden geht der VFF speziell auf die Studenten ein – mit Themen, die neben dem montanistischen auch einen aktuellpolitischen Charakter haben, wie beispielsweise »Energiewende«, »Fracking« oder »Doping«.

Der Verein führt die jährliche Barbarafeier Ende November gemeinsam mit dem Rektorat der TU Bergakademie Freiberg im Anschluss an die Jahresmitgliederversammlung in der »Alten Mensa« durch. Zwischen 300 bis 400 Mitglieder nehmen daran teil und füllen mittlerweile den Saal bis zur Kapazitätsgrenze. Dieser Abend bietet neben der Gelegenheit zu geselligem Beisammensein auch ein Podium für würdigende Auszeichnungen durch Rektor und Verein, wie beispielsweise mit Ehrenmitgliedschaften und der Verleihung von Ehrenarschledern.

Die aktuelle Vereinstätigkeit wird geprägt von der Vorbereitung der 250-Jahr-Feier der TU Bergakademie Freiberg im Jahr 2015. Neben der finanziellen Förderung verschiedener Veranstaltungen wird der VFF der Universität eine Skulptur der Heiligen Barbara für das Eingangsfoyer des Rektoratsgebäudes stiften. Eine weitere künftige Schlüsselaktivität des Vereins wird die Gründung und Begleitung der »Günter Heinisch-Stiftung« sein. Hier ist der Fall eingetreten, dass der mit den Geosammlungen schon lange verbundene und kürzlich verstorbene Günter Heinisch einen großen Teil seines Vermögens dem VFF zur Förderung der Geowissenschaftlichen Sammlungen vermacht hat. Daraus ist künftig eine Stiftung mit einem Kapital in siebenstelliger Euro-Höhe zu errichten, um der Weiterentwicklung der geowissen-



Von der Zeitschrift für Freunde und Förderer zur ACAMONTA



Barbarafeier in der Alten Mensa

Selenie Proffler

schaftlichen Sammlungen eine dauerhafte finanzielle Basis zu geben. Diese dem Verein zugefallene Erbschaft unterstreicht sowohl die Bedeutung der Freiburger Sammlungen als auch die Brückenaufgabe des VFF bei der Förderung der TU Bergakademie Freiberg. Der Verein ist gern bereit, weitere Vermächtnisse entgegenzunehmen, die die Stifter mit ihrem Stiftungsnamen »unsterblich« machen.

Der Verein »Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.« geht im Jahr 2021 auf sein 100. Gründungsjahr zu. Die bisherige solide Vereinsstabilität, zumindest seit der Wiedergründung 1990, wird durch die Mitglieder und den ehrenamtlich wirkenden Vereinsvorstand für dieses und das nächste Jahrhundert fortgesetzt werden – zum Wohle unserer TU Bergakademie Freiberg.



TU BERGAKADEMIE FREIBERG

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Auf den Spuren der Freiburger Geschichte

Ab 2014 neu im Stadtführungsprogramm

FREIBERGER GELEHRTENWEG

Ein Spaziergang zu Denkmälern bedeutender Freiburger Köpfe

Begleiten Sie uns auf eine Reise in die Vergangenheit unserer traditionsreichen Universität. Besuchen Sie mit uns die Denkmale und Wirkungsstätten großer Persönlichkeiten der Freiburger Geschichte. Erhalten Sie exklusive Hintergrundinformationen und lernen Sie die großen Gelehrten der TU Bergakademie einmal ganz anders kennen!

Gefördert durch:

Weitere Informationen finden Sie unter www.freiberg-service.de

Neuer Vereinsvorstand

Ergebnis der Vorstandswahl 2013

Die Teilnehmer der Jahresversammlung der Mitglieder des Vereins für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg (246 von 1216) haben am 29. November 2013 einen neuen Vereinsvorstand gewählt.

- Prof. Dr. phil. habil. **Helmuth Albrecht**, Lehrstuhl für Technikgeschichte und Industriearchäologie, Fakultät 6
- Prof. Dr. **Klaus-Dieter Barbknecht**, Vorstandsmitglied der VNG – Verbundnetz Gas AG Leipzig
- Dipl.-Kfm. **Klaus Borrmann**, Abteilungsdirektor/Referent des stv. Vorstandsvorsitzenden, Sparkasse Mittelsachsen
- Prof. Dr. rer. pol. habil. **Horst Brezinski**, Hochschullehrer im Ruhestand, Fakultät Wirtschaftswissenschaften
- Dipl.-Ing. **Reinhard Fuchs**, Vattenfall Europe Mining Aktiengesellschaft
- Dr.-Ing. habil. **Manfred Goedecke**, Vorstand Geokompetenzzentrum Freiberg e. V. Freiberg, Rohstoffbeauftragter IHK Chemnitz
- Prof. Dr.-Ing. habil. **Ulrich Groß**, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Fakultät 4
- Dr. **Andreas Handschuh**, Kanzler der TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. sc. techn. **Hans-Jürgen Kretzschmar**, Hochschullehrer im Ruhestand, DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
- Prof. Dr.-Ing. **Matthias Reich**, Professur Bohrtechnik, Spezialtiefbauausrüstungen und Bergbaumaschinen, Fakultät 3
- Prof. Dr. rer. nat. habil. **Gerhard Roewer**, Hochschullehrer im Ruhestand, Fakultät 2
- Prof. Dr. rer. pol. habil. **Silvia Rogler**, Prorektorin Bildung, Fakultät 6
- Prof. Dr.-Ing. **Wolf-Dieter Schneider**, IMB AG Bottrop
- Dipl.-Ing. oec. **Bernd-E. Schramm**, Oberbürgermeister der Stadt Freiberg
- **Christian Schröder**, Student
- Prof. Dr. rer. nat. habil. **Elias Wegert**, Fakultät 1, Professor für Nichtlineare Analysis

Gemäß der Vereinssatzung § 7 (2) ist der Rektor *ex officio* Mitglied des Vorstandes.

Im neu konstituierten Vorstand hat Prof. Barbknecht erneut das Vertrauen für die Übernahme der Funktion des Vereinsvorsitzenden erhalten. Prof. Kretz-

schmar wurde als Geschäftsführer und stellv. Vorsitzender, Prof. Brezinski als Schatzmeister wiedergewählt. Prof. Wegert übernahm die Funktion des Schriftführers. Der Vorstand verabschiedete die ausscheidenden Mitglieder und würdigte besonders die seit 1990 aktiven Wiedergründungsmitglieder, Dipl.-Ing. oec. Gerlinde Dietze; Prof. Christian Oelsner und Prof. Christian Wegerdt.

Prof. Rogler stellte im Auftrag des Vorstands den Antrag, das Ehepaar Engel als Ehrenmitglieder in den Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg aufzunehmen. Frau und Herr Dr. Engel engagierten sich insbesondere finanziell beim Aufbau des Instituts für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG) in der Silbermannstraße und beim Lomonosow-Haus in der Fischerstraße. Sie sind außerdem besonders aktiv für die Aufnahme der Bergbauregion „Erzgebirge“ in das UNESCO-Weltkulturerbe tätig. Der Antrag wurde per Abstimmung angenommen. Das Ehepaar Engel wurde im Rahmen der abendlichen Barbara-Feier vom Rektor Prof. Bernd Meyer mit der Ehrenmitgliedschafts-Vereinsurkunde und der Barbara-Medaille geehrt. Prof. Kretzschmar wurde vom Rektor die Ehrenbürgerschaft der TU Bergakademie Freiberg verliehen. Damit wurden sein Engagement, sein Ideenreichtum und sein Durchsetzungsvermögen als langjähriger Geschäftsführer des Vereins gewürdigt. Die Ehrenbürgerschaft ist die höchste Auszeichnung an Nichtmitglieder der Bergakademie.

Zum Projekt »Heinisch-Stiftung«

Der Vorstand des Vereins hat auf seiner Sitzung am 7. Mai 2014 Vorschläge zur Realisierung des Projekts »Gründung der Heinisch-Stiftung« diskutiert. Es handelt sich um eine Erbschaft von ca. 1.5 Mio. EUR, die dem VFF zweckgebunden zur Förderung geowissenschaftlicher Sammlungen zur Verfügung gestellt werden soll. Gemäß dem Ergebnis der juristischen Prüfung kann der Verein die Erbschaft annehmen. Der Erblasser Günter Heinisch hat schon zu Lebzeiten über den Verein die geowissenschaftlichen Sammlungen an unserer Universität durch regelmäßige Spenden unterstützt. Das Testament sieht vor, dass der Verein 60 % des Vermögens des Erblassers als Erbschaft erhält. Zur nachhaltigen Verwendung dieses Vermögens soll eine Stiftung gegründet werden, aus der nur die Erträge eingesetzt werden. Bis zur detaillierten Festlegung des weiteren Verfahrenswegs verwalten Dipl.-Kfm. Borrmann und Prof. Brezinski die Erbschaft als Sondervermögen mit einer Festanlage für sechs Monate. Die Gründung einer Stiftung wird für 2015 in Aussicht gestellt. [Zur Stiftung siehe auch S. 180 bis 181.]

Jahresbericht Freiburger Alumni Netzwerk 2013/14

Seit der Wiederaufnahme der Alumni-Arbeit zum 1. Juli 2013 hat sich das Freiburger Alumni-Netzwerk (FAN) positiv entwickelt. Das FAN-Team setzt sich mittlerweile aus den zwei Alumni-Beauftragten Stefanie Preißler und Dr. Constance Bornkampf sowie der studentischen Hilfskraft zur Betreuung der Homepage und Datenbank, Stephan Lenk, zusammen. Unterstützt wird das FAN in internationalen Fragen zusätzlich von Christine Fischer vom Internationalen Universitätszentrum (IUZ). Die Registrierungen in der FAN-Datenbank stiegen seit Wiederaufnahme der Alumni-Tätigkeit um etwa 15 Prozent an. Ebenso verhält es sich mit den Social Media wie XING, Facebook oder LinkedIn. Auch hier konnten zum Teil beträchtliche Steigerungen erzielt werden. Die beiden Alumni-Beauftragten betreuen ebenfalls die seit Juli 2013 existierende Facebook-Seite des VFF (www.facebook.com/VFF-TUBAF). Zudem präsentierte sich das FAN auf akademischen Veranstaltungen, um den Bekanntheitsgrad auch innerhalb der Universität zu erhöhen, so beispielsweise zum Tag der offenen Tür, der ORTE, zu den Studententagen sowie dem Sommerfest. Im Jahr 2014 erschienen zwei Ausgaben des Alumni-Newsletters TUBALUM, davon die aktuelle Ausgabe Nr. 2/2014 erstmals auch in englischer Sprache. Das FAN-Team unterstützte bei der Durchführung von rund 40 Absolvententreffen mit insgesamt fast 1.000 Teilnehmern. Zudem wurden zwei neue Alumni-Veranstaltungsreihen langfristig etabliert: »Report vor Ort – Alumni berichten aus der Praxis« in Kooperation mit dem Career Center und die »ALUM-Night«. Außerdem gelang es, vier neue Alumni-Botschafter für das FAN-Netzwerk zu gewinnen, aus Chile, Norwegen, Kolumbien und Kanada. Um weitere Mitglieder für den VFF und das FAN zu werben, wurden Informationsmaterialien wie Flyer, Roll-Ups und Mini-Visitenkarten erstellt. Aktuell wird die Neuauflage des Absolventenjahrbuchs als identitätsstiftendes Medium für die Alumni erarbeitet. Zur universitätsinternen Abstimmung und Kommunikation wurde 2013 ein großes Fachnetzwerkentreffen unter Beteiligung der Prorektorin für Bildung veranstaltet. Seine Fortführung ist für das vierte Quartal 2014 geplant. Das FAN-Team nimmt aktiv teil am Jubiläumsjahr 2015, beispielsweise mit der Kampagne

»Eine Mütze geht um die Welt« in Zusammenarbeit mit der Abt. Öffentlichkeitsarbeit, dem Gründernetzwerk SAXEED und mit der Veranstaltungskoordination der TU Bergakademie Freiberg. Außerdem erfolgt derzeit die Planung eines vom DAAD geförderten internationalen Alumni-Symposiums zum BHT 2015.

Fazit: Fast alle im strategischen Konzept der Alumni-Arbeit durch den VFF vom 20. September 2013 dargelegten Aufgaben wurden erfüllt bzw. angestoßen. Es fehlen derzeit noch die Kontaktaufnahme zu Botschaften im Ausland sowie der gezielte Kontaktaufbau zu weiteren Ressourcenuniversitäten. Diese Vorhaben sind nur mittel- bzw. langfristig und nur auf der Basis einer personellen Kontinuität in der Alumni-Arbeit umzusetzen.

■ **Stefanie Preißler, Constance Bornkampf**

Werner-Grabmal

Am 7. September 2014 wurde der restaurierte Kreuzgang des Freiburger Doms nach umfassender Sanierung wiedereröffnet. Zahlreiche Gäste waren der Einladung der Domgemeinde gefolgt. Unter ihnen auch der Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Bernd Meyer, der Oberbürgermeister Bernd-Erwin Schramm, die Bundestagsabgeordnete

Veronika Bellmann, zahlreiche Mitglieder der Familie Schönberg und Vertreter des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg. Mit dem Kreuzgang wurde auch das restaurierte Werner-Grabmal wiederingeweiht. Prof. Reinhard Schmidt spannte in seiner Rede den Bogen ausgehend von der Geschichte dieses Bauwerks zu den Epitaphen über die Erkenntnisse aus den Grabungen am Grünen Friedhof bis hin zu Werner.

Abraham Gottlob Werner – Vater der wissenschaftlichen Geologie/Mineralogie (Geognosie) und herausragender Professor in der Frühzeit der Bergakademie Freiberg (Goethe-Zeitalter) – wurde 1817 im östlichen Kreuzgang des Freiburger Doms mit bergmännischem Zeremoniell begraben. Seine Grabstelle wurde mit dem Abriss dieses Kreuzgangflügels wegen der Errichtung des Schutzhauses für die Goldene Pforte aufgelassen, und ihre Lage ist heute nicht mehr punktuell definierbar. Sein Grabstein jedoch, der als montankünstlerisch wertvolle Plastik von Werners Schwester aufgestellt worden ist, wurde grabnah an die gotische Fensterwand innerhalb des Grünen Domfriedhofs versetzt und ist bis heute erhalten. Allerdings war er dort über etwa 150 Jahre den Atmosphärien und der Verwitterung ausgesetzt, so dass eine Restaurierung nunmehr erforderlich wurde.

Den Auftrag dazu erhielt Steinmetz Deisinger. Nebenbei: Eduard Heuchler kümmerte sich im Jahr 1861 intensiv um die Neugestaltung der Ersatz-Grabstelle, wie aus einem Briefwechsel mit dem Oberbergamt hervorgeht. Mit dem Neubau der Verbindungszelle zwischen Süd- und Ostflügel des Kreuzgangs im Jahr 2014 ergab sich nun die Möglichkeit, den restaurierten Grabstein in den Schutz dieser Zelle – wenige Meter von der bisherigen Grabstelle entfernt – umzusetzen. Er wurde nunmehr am 7. September 2014 mit der Eröffnung des ersten Sanierungsabschnitts des Kreuzgangs »wiedereingeweiht«. Unmittelbar benachbart zu ihm findet sich die Gedenktafel für Friedrich Wilhelm von Opper, den Mitbegründer der Bergakademie, der ebenfalls 1769 im Kreuzgang beigesetzt wurde.

Für zwei »Große« der TU Bergakademie ist nunmehr ein würdiger und geschützter Gedenkort gestaltet worden. Der VFF hat die hierzu notwendige Restaurierung und Grabsteinumsetzung organisiert und finanziert. Dieser Gedenkort ist auch eine Verweilstation auf dem sogenannten Freiburger Gelehrtenweg, zu dem ein Wegweiser in Form eines Faltblatts für den Besucher ebenfalls vom VFF initiiert und finanziert worden ist.

■ **Hans-Jürgen Kretzschmar, Constance Bornkampf**

Geschenk des VFF zum 250. Geburtstag

Derzeit entsteht im Atelier das Gipsmodell für eine versilberte Bronzeskulptur der Heiligen Barbara. Die Bildhauerin Susanne Roewer arbeitet in Berlin an der ca. 2,30 m hohen Statue. Sie hat in der Vergangenheit bereits die Denkmale für die Entdecker des Elements Indium, Ferdinand Reich und Theodor Richter sowie für Wilhelm August Lampadius entworfen und produziert. Ihre Arbeit ist inspiriert von historischen Abbildungen und höchst lebendigen Frauen.

Zunächst hat die Künstlerin – in reger Diskussion mit den Freunden und Förderern der TU Bergakademie sowie der Hochschulleitung und dem Bürgermeister – eine Bildidee entwickelt und anschließend eine ca. 20 cm hohe Arbeitsstatuette gestaltet. Das originalgetreue Gipsmodell schließlich wird nach seiner Fertigstellung in den kommenden Wochen in die Gießerei Krepp in Berlin Weißensee transportiert. Bei



In diesem Atelier erschafft Bildhauerin Susanne Roewer ihre Werke. Rechts: Arbeitsstatuette

der vorgesehenen Größe der Figur werden einzelne vorangelegte Gipsteile mit formschlüssigen Steckverbindungen verwendet, um Bruch zu vermeiden. Diese werden in der Gießerei zunächst in Wachsformen überführt und dann in Metall gegossen. Um ein optimales Gesamtbild zu erhalten, arbeiten Marc Krepp und Susanne Roewer gemeinsam an der Oberflächengestaltung mit Silber.

Wir alle sind gespannt auf die fertige Skulptur, die zur Eröffnung der Jubilä-

umsfeierlichkeiten am 6. März 2015 im Foyer des Rektoratsgebäudes eingeweiht wird. Die Heilige Barbara – Schutzheilige der Bergleute – wird dann alle »Bergakademisten«, die Mitglieder, die Studenten und die Gäste der Bergakademie, beim Eintritt in das Hauptgebäude begrüßen. Ihr Schutz für die Entwicklung unserer Alma Mater möge über mindestens weitere 250 Jahre fortwähren – zum Wohle einer starken, ruhmvollen TU Bergakademie Freiberg.

Bernhard-von-Cotta-Preis 2013:

Synthese und Charakterisierung neuartiger (μ -S,N)-verbrückter Zinn-Übergangsmetall-Komplexe der Nickel-Triade Erik Wächtler

Einleitung

Die Kreierung von neuartigen intramolekularen Bindungssituationen ist ein Stützpfeiler der chemischen Grundlagenforschung. Dabei erlangt der Chemiker vertiefte Einblicke in die elektronischen Strukturen von Molekülen; es werden neue Konzepte und Interpretationsmöglichkeiten in den Fokus gerückt, die dann zum Schlüssel für die gezielte Synthese neuer chemischer Substanzen werden (Struktur/Eigenschaftsbeziehung). In diesem Kontext wurde in einer Publikation vom Institut für Anorganische Chemie der TU Bergakademie Freiberg eine Verbindung mit neuartiger und ungewöhnlicher Bindungssituation zwischen den Elementen Zinn (Sn) und Palladium (Pd) beschrieben [1]. In der Konsequenz habe ich als Thema für meine Diplomarbeit die Bindungssituationen in solchen Verbindungen untersucht, d. h. weitere, verwandte Molekülverbindungen synthetisiert und umfassend charakterisiert. Die dabei erzielten Ergebnisse gestatten nun vertiefte Einblicke in die Natur der Sn-Pd-Bindung und zeigen Möglichkeiten zu deren gezielter Manipulation auf. In *Schema 1* ist die Besonderheit der Sn-Pd-Bindung einer von mir synthetisier-

ten Verbindung (**1**) aufgezeigt. Die Bindungssituation dieses Moleküls kann als Donor/Akzeptor-Bindung vom Zinn- zum Palladiumatom (Sn \rightarrow Pd, L-Typ) oder vom Palladium- zum Zinnatom (Sn \leftarrow Pd, Z-Typ) beschrieben werden. Alternativ zu den beiden Beschreibungsmöglichkeiten kann diese Metall-Metall-Bindung auch als rein kovalent interpretiert werden (Sn-Pd, X-Typ). Alle drei Typen sind für die Beschreibung der realen Elektronenverteilung im Molekül von Bedeutung.

Ergebnisse

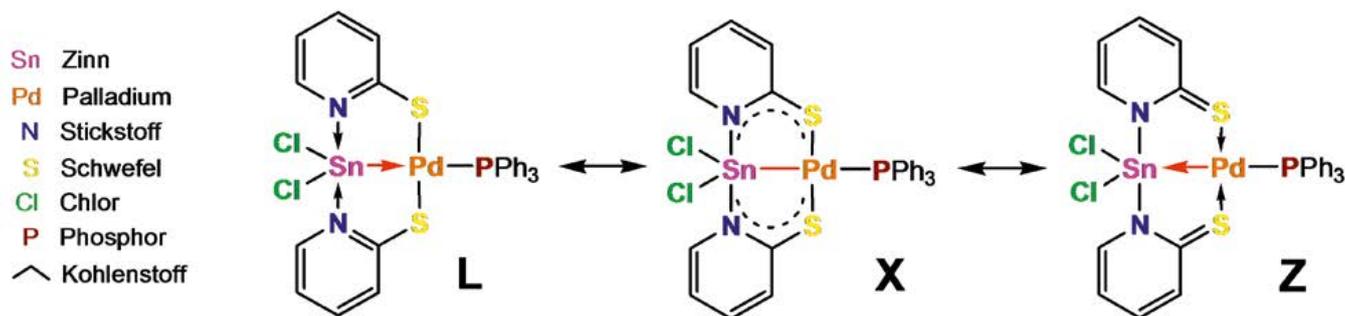
Synthesen: Aufgrund der Empfindlichkeit der hier beschriebenen Substanzen gegenüber Wasser und/oder Luftsauerstoff ist es notwendig, diese unter inerter Atmosphäre (beispielsweise Argon) zu handhaben, was mit der sogenannten Schlenktechnik möglich ist. Die dabei verwendeten Glasgeräte (*Abb. 1, links*) sind mit dichten Schliffverbindungen und Hähnen versehen, die das Evakuieren und Befüllen des Gefäßes mit dem Inertgas gestatten. Unter diesen Bedingungen wurde die oben beschriebene Molekülverbindung **1** durch die chemische Umsetzung geeigneter Ausgangsstoffe in organischen Lösungsmitteln

im Milligramm- bis Gramm-Maßstab synthetisiert und in Form roter Kristalle isoliert (*Abb. 1, rechts*).

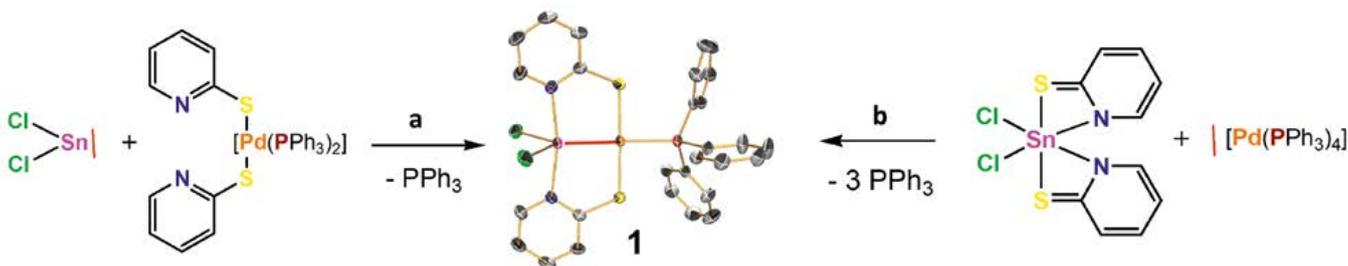
In Bezug auf die Ausgangsstoffe konnte ich zeigen, dass mehrere grundlegend verschiedene Kombinationen von Reaktanten zur Synthese von Verbindung **1** herangezogen werden können.

Schema 2 zeigt zwei ausgewählte Reaktionswege. Für Route **a** wurden Verbindungen mit den formalen Oxidationszahlen (OZ)+II für das Zinn- und das Palladiumatom eingesetzt, alternativ dazu für Route **b** eine Zinnverbindung der OZ+IV und eine Palladiumverbindung der OZ \pm 0. Von besonderem Interesse ist dabei, dass das Elektronenpaar für die Metall-Metall-Bindung (rot) im Fall der Route **a** formal vom Zinn-Ausgangsstoff, bei Route **b** aber vom Palladium-Ausgangsstoff bereitgestellt wird, was die mehrdeutige Natur der resultierenden Pd-Sn-Bindung im Sinne der Beschreibung als L- bzw. Z-Typ (*Schema 1*) deutlich macht.

Das bei den Synthesen der Verbindung **1** erlangte Wissen über die gangbaren Synthesewege dieser Verbindungsklasse ermöglichte es mir nun, eine Palette von Derivaten (= Abkömmlingen) der Verbindung **1** zu synthetisieren (*Schema 3*): mit Germanium- (Ge, **2**), Nickel- und Platinatomen (Ni, **3**; Pt, **4**), Phenylgruppen (Ph, **5**) und Tricyclohexylphosphin (PCy₃, **6**). Die Verbindungen **2** bis **6** leiten sich von Verbindung **1** formal durch Substitution (= Austausch) ei-



Schema 1: Interpretationsmöglichkeiten für die Metall-Metall-Bindung in Verbindung **1**



Schema 2: Zwei Reaktionen, die zur erfolgreichen Synthese von Verbindung **1** führten. Diese ist in Form ihrer (aus der Röntgenstrukturanalyse ermittelten) Molekülstruktur abgebildet.

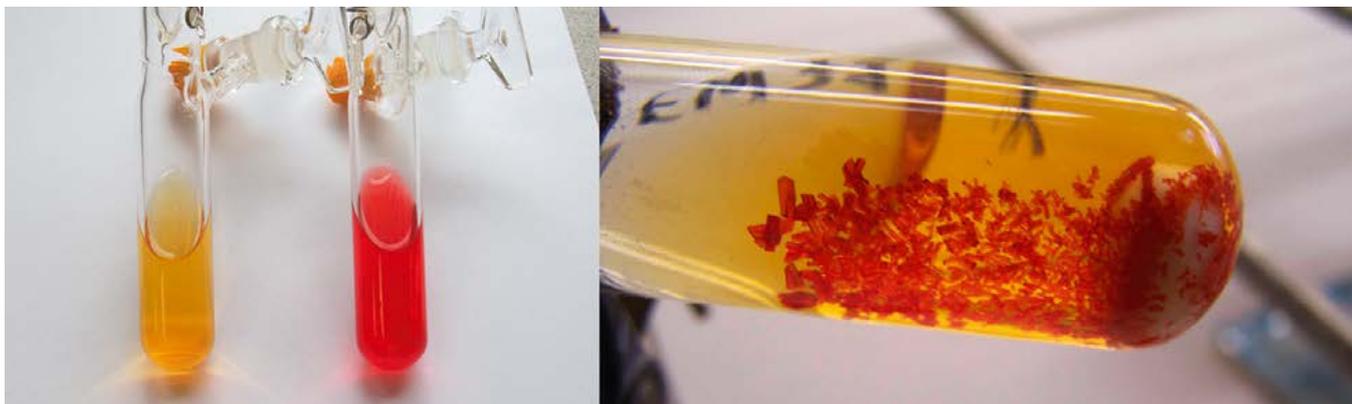
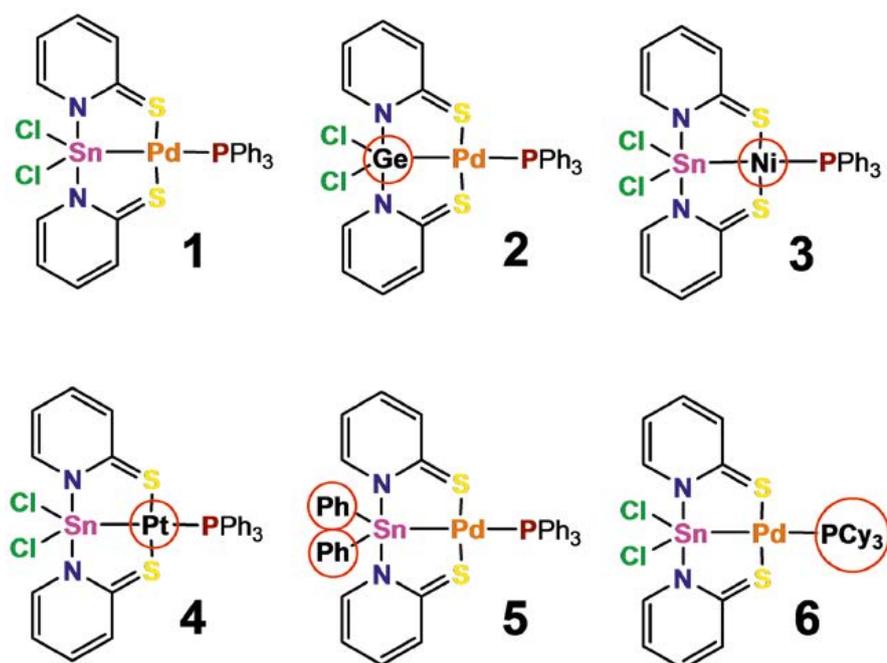


Abb. 1: Glasgeräte für die Schlenktechnik (links) und die Verbindung **1** (rechts)



Schema 3: Verbindung **1** und ihre Substitutionsderivate **2–6**

nes Atoms bzw. einer Atomgruppe (rote Markierungen) ab.

Charakterisierung: Mit Fokus auf die Interpretation der ungewöhnlichen Bindungssituation in diesen Molekülverbindungen (**1** und Analoga) wurden in der Diplomarbeit insbesondere die Röntgendiffraktometrie, die ^{119}Sn -NMR- sowie die ^{119}Sn -Mößbauer-Spektroskopie und quantenchemische Berechnungen als wichtige Analysenwerkzeuge herangezogen. Die Diffraktometrie liefert – basierend auf der Beugung von Röntgenstrahlung an Einkristallen – Informationen über Bindungslängen und -winkel in den Molekülkristallen. Die ^{119}Sn -NMR-Spektroskopie und die ^{119}Sn -Mößbauer-Spektroskopie (Kooperation mit der WWU Münster) basieren auf der Wechselwirkung von Zinnatomen mit elektromagnetischer Strahlung und erbringen Aussagen zur elektronischen Umgebung der

Zinnatome. Quantenchemisch wurden zudem Ladungsverteilungen in den Molekülen berechnet (Kooperation mit der Jacobs Universität Bremen).

Die umfassende Charakterisierung der in *Schema 3* abgebildeten Verbindungen mit den beschriebenen Methoden ermöglicht einen direkten Einblick in die Veränderung der elektronischen Situation der Metall-Metall-Bindung, wenn einzelne Molekülbausteine substituiert werden. Gestützt auf diese Resultate wird beispielsweise der Ge-Verbindung **2** im Vergleich zur Sn-Verbindung **1** ein höherer L-Typ-Anteil zugeschrieben (vgl. *Schema 1*).

Fazit

Im Rahmen meiner Diplomarbeit habe ich die Verbindung **1**, die durch eine ungewöhnliche Sn-Pd-Bindung gekennzeichnet ist, auf verschiedenen We-

gen synthetisiert. Die Syntheserfolge bei Kombinationen von Ausgangsstoffen mit unterschiedlichen formalen Oxidationsstufen des Sn und Pd haben die mehrdeutige Natur der Sn-Pd-Bindung in Verbindung **1** unterstrichen. Auf dieser Basis und im Zusammenhang mit den Ergebnissen bei der Synthese und Charakterisierung der Substitutionsderivate **2** bis **6** konnten wir die Natur dieser Metall-Metall-Bindung und die Einflussfaktoren auf ihre Elektronenstruktur besser verstehen. Ergebnisse aus diesen grundlagenorientierten Untersuchungen haben wir bereits veröffentlicht [2]. Die erlangten Erkenntnisse bieten interessante Ansatzpunkte für weitere Arbeiten, die ich jetzt im Rahmen meiner Promotion durchführe. Zurzeit befinde ich mich an der Universität von Saragossa (Spanien), um das Potenzial dieser Verbindungsklasse in der homogenen Katalyse zu erkunden. Ich erhoffe mir, gestützt auf die gewonnenen Einblicke in die elektronische Situation dieser Verbindungsklasse, auch ihre Eigenschaften als potenzielle Katalysatoren (Aktivität, Selektivität) eines Tages maßschneidern zu können.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt dem Verein Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg für die Auszeichnung mit dem Bernhard-von-Cotta-Preis. Für die Betreuung und Begutachtung meiner Arbeit danke ich Prof. Dr. Edwin Kroke und Dr. Jörg Wagler. Darüber hinaus danke ich allen beteiligten Kooperationspartnern für die gewährte Unterstützung.

Dipl.-Chem. Erik Wächtler, Institut für Anorganische Chemie; TU Bergakademie Freiberg; erik.waechtler@chemie.tu-freiberg.de

- 1 E. Brendler, E. Wächtler, T. Heine, L. Zhechkov, T. Langer, R. Pöttgen, A. F. Hill, J. Wagler, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2011, 50, 4696.
- 2 a) E. Wächtler, R. Gericke, S. Kutter, E. Brendler, J. Wagler, *Main Group Met. Chem.* 2013, 36, 181; b) E. Wächtler, R. Gericke, L. Zhechkov, T. Heine, T. Langer, B. Gerke, R. Pöttgen, J. Wagler, *Chem. Commun.* 2014, 50, 5382.

Bernhard-von-Cotta-Preis 2013:

Stoff-Kraft-Kopplung in kohlebasierten Polygeneration-Konzepten

Robert Pardemann

Einleitung

Die Technologie zur Vergasung von Kohle wurde in den 1920er-Jahren entwickelt und seither vor allem zur Erzeugung von Synthesegas für nachgeschaltete chemische Synthesen eingesetzt. Waren in der Vergangenheit Verfahren zur Festbettvergasung nach dem Lurgi-Prinzip bei der installierten thermischen Synthesegaskapazität weltweit führend, dominieren heutzutage Flugstromvergasungsverfahren (Kohlestaubdruckvergasung) bei neu installierten Anlagen.

Beginnend in den 1970er-Jahren wurde die Stromerzeugung in Kombikraftwerken (Gas- und Dampfturbinenkraftwerken) mit integrierter Kohlevergasung (IGCC) in den USA und Europa untersucht und in Demo-Kraftwerken erprobt. Seit dem Jahr 2000 wurden vier neue IGCC-Kraftwerke in den USA, in Japan und in China installiert. Gegenwärtig sind fünf weitere Kraftwerke in China und Korea in Planung bzw. im Bau. Die IGCC-Kraftwerkstechnik hat ein höheres Wirkungsgradpotenzial gegenüber konventionellen Dampfkraftwerken sowie deutlich niedrigere Schadstoffemissio-

nen (u. a. NO_x , SO_x und Staub). Aufgrund dieses hohen Wirkungsgradpotenzials und vorteilhafter Bedingungen für die Abtrennung von CO_2 bei der Kohleverbrennung wurden IGCC-Kraftwerke für die CO_2 -emissionsarme Stromerzeugung aus Kohle in Betracht gezogen. Kommerziell konnten sich kohlebasierte IGCC-Kraftwerke bisher aber nicht breit durchsetzen.

Die Gründe dafür sind vor allem die hohe Anlagenkomplexität, eine bisher begrenzte Anlagenverfügbarkeit und die durch hohe Kapitalkosten bedingt hohen Stromgestehungskosten. Zudem erweisen sich IGCC-Kraftwerke als nur bedingt flexibel und erfordern aus wirtschaftlicher Sicht den Einsatz im Grundlastbetrieb.

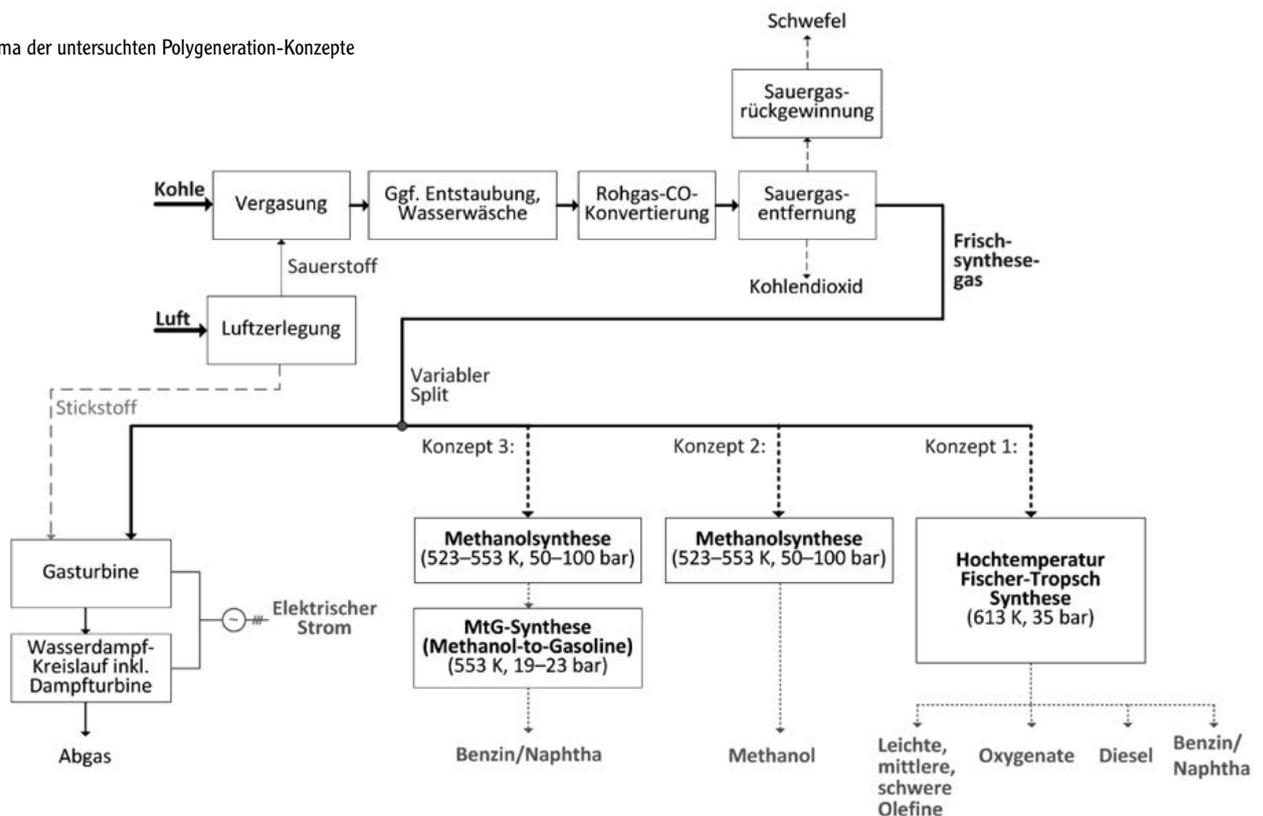
Demgegenüber wurden in den vergangenen Jahren, insbesondere in China, erhebliche Kohlevergasungskapazitäten zur Erzeugung von Kraftstoffen und Chemikalien installiert. Neben Ammoniak bzw. Harnstoff und Methanol werden zunehmend auch höherwertige Chemikalien, wie beispielsweise Olefine, produziert. Bei der Kraftstoffherzeugung

dominiert bisher die Fischer-Tropsch-Synthese. Die Synthese von Dimethylether und Benzin aus Methanol mittels Methanol-to-Gasoline-Technologie (MtG) gewinnt an Bedeutung

Anstelle der ausschließlichen Monostromerzeugung mittels IGCC-Kraftwerken gewinnt die Kopplung von stofflicher und energetischer Kohlenutzung in Polygeneration-Kraftwerken zunehmend an Interesse, insbesondere zur Flexibilisierung der Stromerzeugung – gegenüber *Stand-alone*-IGCC-Anlagen – und im Hinblick auf die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Im Rahmen der Dissertation wurden verschiedene Polygeneration-Konzepte vorgestellt und Konzepte mit großer Anlagenkapazität (*Economies of Scale*) zur kohlebasierten Co-Erzeugung von Spitzenstrom und Kraftstoffen bzw. Chemikalien erarbeitet. Schwerpunkte der Untersuchung waren u. a. die Flexibilisierung des Anlagenbetriebs, seine technologische und energetische Bewertung sowie seine Wirtschaftlichkeit. Die Ergebnisse für Polygeneration-Konzepte mit flexibler Stromerzeugung wurden mit denen statischer Polygeneration- und CtL-Routen (*Coal-to-Liquids*) mit konstanter Produkterzeugung verglichen, die auf denselben anlagentechnischen Grundannahmen basieren und eine ähnliche thermische Vergaserleistung aufweisen.

Abb. 1: Schema der untersuchten Polygeneration-Konzepte



Methodik und Grundlagen

Für die Konzepte werden ein robuster GuD-Block (E-Klasse-Gasturbine mit einer Leistung von ca. 190 MW(el)) sowie verschiedene großtechnisch realisierte oder demonstrierte Syntheseverfahren in Betracht gezogen: (1) Gas- bzw. Flüssigphasenmethanolsynthese, (2) Hochtemperatur-Fischer-Tropsch-Synthese (FT) und (3) Methanol-to-Gasoline-Synthese (MtG). Die Kapazität ist für 1 Mio. t/a Methanol (äquivalente Synthesegasleistung für FT-Konzepte) und eine Gasturbine ausgelegt. Die Bewertung erfolgt für drei Kohlsorten mit Inkohlungsgraden zwischen Hartbraunkohle, Steinkohle und Semianthrazit und für zwei Flugstromvergasungsverfahren mit unterschiedlicher Rohgaskühlung. Das bei der Rohgasaufbereitung abgetrennte CO₂ wird nicht als sequestriert angenommen. Die flexible Brenngasbereitstellung für die Gasturbine zur Erzeugung von Spitzenstrom wird für Konzepte mit Methanolsynthese (ebenfalls MtG-Konzepte) durch variablen Betrieb der Synthese, für FT-Konzepte durch variablen Betrieb der Vergaserinsel und Gasaufbereitung angenommen. Der zugrundegelegte Lastbereich der Gasturbine liegt zwischen 60 und 100 %, wobei nur das Brenngas zur Abdeckung der übrigen 40 % flexibel bereitgestellt wird. Die untersuchten Anlagenkonzepte sind schematisch in *Abb. 1* dargestellt.

Zur Konzeptbilanzierung und -bewertung wurden die Vergasungsinsel, die Luftzerlegungs- und die chemische Syntheseanlage mithilfe der Software Aspen-Plus modelliert und der Kraftwerksblock in Epsilon Professional abgebildet. Die Investitions- und Betriebskosten sowie die daraus abgeleitete Produktgestehungskosten wurden unter Nutzung eines eigens entwickelten Tools geschätzt.

Ergebnisse

Zur Erzeugung der obengenannten Produktmengen ist für die flexible Polygeneration – abhängig von der Vergasungstechnologie und dem Inkohlungsgrad der Einsatzkohle – eine thermische Vergaserkapazität von 1.630–1.966 MW(th, H_u) erforderlich. Für die statische Polygeneration resultieren größere, für CtL kleinere Kapazitäten.

Die Anforderungen an die Lastflexibilität der jeweiligen Anlagenteile wurden für den untersuchten Gasturbinenlastbereich (60–100 %) mit 87–89 % Teillastfähigkeit bestimmt, so dass diese für

die gegebene Anlagengröße technisch grundsätzlich erfüllbar sind.

Der Netto-Wirkungsgrad bei Polygeneration ist höher als oder vergleichbar mit dem konkurrierender kohlebasierter Kraftwerke und beträgt – lastabhängig – bei flexibler Polygeneration für Methanolerkonzepte maximal 52,6 %, für FT-Routen 46,1 % und für MtG-Routen 51,0 %. Für CtL-Konzepte (außer FT) resultieren höhere und für die statische Polygeneration etwa gleichhohe energetische Wirkungsgrade. Die spezifischen CO₂-Emissionen (Bezugsbasis: elektrische Nettoarbeit + chemisch gebundene Syntheseproduktwärme) betragen – abhängig vom Syntheseverfahren – zwischen 400 und 472 kg/MWh und sind damit deutlich niedriger als bei der reinen Kohleverstromung. Betrachtet man die Kohlenstoff- bzw. CO₂-Emissionsquellen entlang der jeweiligen Prozesskette, werden für Polygenerationkonzepte 25–32 % des eingebrachten Kohlenstoffs im Syntheseprodukt gebunden und der Rest als CO₂ emittiert.

Demgegenüber stellt sich die Wirtschaftlichkeitsbewertung ungünstiger dar. Für alle Konzeptvarianten schlagen sehr hohe Investitionskosten zu Buche. Extrapoliert auf das Jahr 2015 betragen die Netto-Gesamtinvestitionskosten für flexible Polygeneration-Konzepte je kW installierter Leistung (thermische Syntheseprodukt- und elektrische Nettoleistung) für Methanol-Routen bis zu 3.760 EUR und für FT-Konzepte bis zu 3.850 EUR. Für MtG-Konzepte steigen die Kosten gegenüber Methanol-Routen um weitere bis zu 570 EUR/kW. Die Anlageninvestitionen werden zu 45–60 % von der Vergasung inkl. der Kohlebereitstellung bestimmt.

Die hohen Investitionskosten bedingen hohe Produktgestehungskosten (*siehe Tab. 1*). Während Syntheseprodukte mit zunehmendem Anteil der Stromerzeugung günstiger werden, steigen die Stromgestehungskosten. Die Produktgestehungskosten setzen sich zu etwa 45 % aus Kapitalkosten, zu 35 % aus Betriebs- und Wartungskosten und zu 20 % aus Brennstoffkosten zusammen.

Bezüglich der Gestehungskosten von Syntheseprodukten ist festzustellen, dass die Methanolerzeugung nicht konkurrenzfähig ist (Konkurrenz mit heute vor allem erdgasbasiertem Methanol). Jedoch ist für Syntheseprodukte, die heute vor allem aus Erdöl gewonnen werden, beispielsweise Olefine und Benzin, wirt-

Tab. 1: Minimale Syntheseprodukt- und Stromgestehungskosten für flexible Polygeneration-Konzepte

Syntheseprodukt	EUR/MWh (th, H _{u, Produkt})	EUR/MWh (el, netto)
Methanol	72	177
FT-Produkt	103	314
MtG-Produkt	74	138

schaftliche Konkurrenzfähigkeit – abhängig von den ökonomischen Randbedingungen – erkennbar. Die Syntheseproduktgestehungskosten für statische und flexible Polygeneration liegen eng beieinander und sind geringer als für reine CtL-Konzepte.

Die Stromgestehungskosten liegen deutlich höher als bei anderen fossilbeheizten Kraftwerken und übersteigen für flexible Polygeneration diejenigen der statischen Polygeneration.

Zusammenfassung

Kohlebasierte lastflexible Polygeneration-Konzepte sind technologisch dafür geeignet, Spitzenstrom im Rahmen der Sekundärregelung mit hohem Wirkungsgrad und geringer CO₂-Emission bereitzustellen. Ein weiteres CO₂-Emissionsreduktionspotenzial resultiert aus der Co-Vergasung von Biomasse.

Bereits bei Zugrundelegung eines moderaten Erdölpreisanstiegs erlauben die betrachteten statischen und flexiblen Polygeneration-Konzepte die wirtschaftlich konkurrenzfähige Erzeugung von solchen Syntheseprodukten, die heute vor allem aus Erdöl gewonnen werden. Die Konkurrenz mit heute erdgasbasierten Produkten ist nicht sinnvoll. Die Erzeugung von Strom zu konkurrenzfähigen Gestehungskosten ist durch Polygeneration nicht möglich.

Schlüsselfaktoren zur weiteren Kostensenkung sind:

- (1) robuste Vergasungstechnologien mit geringeren Investitionskosten,
- (2) fortschrittliche Gasturbinen zur Verbrennung von unverdünntem Synthesegas mit hohem Wirkungsgrad,
- (3) eine Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit der integrierten Prozessketten sowie
- (4) die Senkung des Eigenenergiebedarfs.

Danksagung

Die Untersuchungen zu flexiblen Polygeneration-Konzepten waren Gegenstand des BMWi-geförderten und von der Firma ALSTOM (Schweiz) AG co-finanzierten Projekts Kohleverstromung durch Polygeneration (Förderkennzeichen 0327768A).

Bernhard-von-Cotta-Preis 2013:

Datenübertragung in Bohrlöchern – eine Spezialität der TU Bergakademie Freiberg Mohammed Ali Namuq und Matthias Reich

Abstract und Einführung

Die meisten Menschen haben keine konkrete Vorstellung davon, wie Bohrungen nach Öl oder Gas hergestellt werden. Sie glauben, dass mit einfachen Mitteln ein vertikales, vielleicht ein paar hundert Meter tiefes Loch in die Erde gebohrt wird, durch das man eine Rohrleitung hinunterlassen kann, durch die das Öl oder Gas zur Oberfläche gepumpt wird. Diese Vorstellung ist allerdings von der Wirklichkeit recht weit entfernt. Echte Öl- und Gasbohrungen weisen heute Längen von teilweise bis über 10 km auf und verlaufen nicht vertikal, sondern schlängeln sich auf geneigten oder sogar horizontalen Bahnen durch die Lagerstätte. Manchmal verzweigen sie sich dort sogar, wobei die einzelnen Seitenarme jeweils andere Bereiche der Lagerstätte erschließen. Solche Bohrungen kann man natürlich nicht blind von der Oberfläche aus anlegen. Vielmehr ist die untertägige Bohrgarnitur mit einer Vielzahl von Sensoren bestückt, die während der Bohrarbeiten kontinuierlich den Verlauf der Bohrung im Untergrund vermessen und die angetroffenen Eigenschaften des durchbohrten Gesteins ermitteln. Diese Daten werden in komplexen Computern, die ebenfalls in der Bohrgarnitur untergebracht sind, analysiert und ausgewertet. Die Ergebnisse werden schließlich zur Oberfläche übertragen, damit die dortige Bohrmannschaft sie zu weiteren Entscheidungsfindungen zum Bohrungsverlauf heranziehen kann.

Seit der Einführung der Richtbohrtechnik in den späten Achtzigerjahren ist viel Entwicklungsarbeit in die Datenübertragung aus Bohrlöchern eingeflossen. Es zeigte sich dabei aber immer wieder, dass die meisten Verfahren, die wir aus unserem alltäglichen Leben kennen, nicht für die Datenübertragung in bzw. aus Bohrlöchern geeignet sind. Kabel, die innerhalb oder außerhalb des Bohrgestänges angebracht werden, sind beispielsweise bei den Bohrarbeiten ständig im Weg und werden beschädigt. Die effektivste Methode, Daten entlang einer Bohrung über große Entfernungen zu übertragen, ist die sogenannte *Mud Pulse-Telemetrie*. Die Information wird dabei in Form von Druckschwankun-

gen der Bohrspülung, die kontinuierlich durch das Bohrgestänge gepumpt wird, übertragen.

Diese Methode scheint auf den ersten Blick vielleicht simpel zu sein, tatsächlich ist sie aber eine sehr komplexe Angelegenheit, die hier im Rahmen eines kurzen und vor allem verständlichen Artikels natürlich nicht umfassend dargestellt werden kann. Hier soll in erster Linie darüber berichtet werden, wie im Rahmen einer Dissertation am Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau der TU Bergakademie Freiberg ein weltweit einmaliger Strömungsversuchsstand konzipiert und aufgebaut wurde, an dem nun alle wichtigen Aspekte der hydraulischen Datenübertragung in Bohrlöchern nachgestellt, untersucht und erforscht werden können. Die interessierten Leser, die einen tieferen Einblick in das Thema erlangen möchten, seien auf die vollständige Dissertationsschrift verwiesen, die allerdings auf Englisch erstellt wurde.

Funktionsprinzip der *Mud Pulse-Telemetrie*

Das Grundprinzip der *Mud Pulse-Telemetrie* soll anhand eines einfachen Beispiels dargestellt werden (Abb. 1). Stellen Sie sich vor, dass eine Person zwei Schläuche in der Hand hat, die an eine Wasserleitung angeschlossen sind. An jedem Schlauch befindet sich ein Druckmessgerät. Immer, wenn die Person das Ende eines Schlauchs zukneift, steigt in dem betreffenden Schlauch der Druck an. In dem anderen Schlauch, dessen Ende offen ist, herrscht dagegen ein geringerer Druck.

Wenn wir dieses Beispiel nun auf einen Bohrstrang übertragen, können wir schon ein simples Datenübertragungssystem beschreiben. Unten im Bohrstrang platzieren wir ein Ventil, das den Strömungsquerschnitt vergrößern oder verkleinern kann. Oben an der Oberfläche bringen wir am Bohrgestänge einen Drucksensor an.

In der untertägigen Bohrgarnitur übersetzt ein Computer die Messwerte der Sensoren in einen Binärcode, der nur aus Nullen und Einsen besteht. Jetzt wird das untertägige Ventil (man spricht von einem *Mud Pulser*) entsprechend dem zu übertragenden Binärcode bedient: Immer, wenn eine Null übertragen werden soll, wird der Strömungsquerschnitt geöffnet, wenn dagegen eine Eins übertragen werden soll, wird er verringert. Die resultierenden Druckschwankungen bewegen sich mit Schallgeschwindigkeit durch die Spülung im Bohrgestänge. Oben an der Bohranlage misst ein Druckaufnehmer das Drucksignal im Bohrgestänge und leitet es zur Auswertung an einen Computer weiter. Dieser erkennt, wann das hohe bzw. niedrigere Druckniveau am Gestänge ansteht und ordnet es den zugehörigen Nullen und Einsen zu. Der empfangene Binärcode muss nun nur noch in die ursprünglichen Messwerte zurückübersetzt werden, damit diese der Mannschaft an der Bohranlage zur Verfügung stehen. Problematisch ist, dass sich der Druckaufnehmer, mit dem die feinen Druckschwankungen aus der Tiefe erkannt werden müssen, direkt neben der mächtigen Spülpumpe befindet, denn deren Kolben erzeugen einen sehr starken hydraulischen Lärm, der das Nutzsignal aus der Tiefe in den meisten Fällen übertönt.

Neben den *Mud Pulsern* werden deshalb auch sogenannte *Mud-Sirenen* eingesetzt. Anstelle diskreter Druckknip-

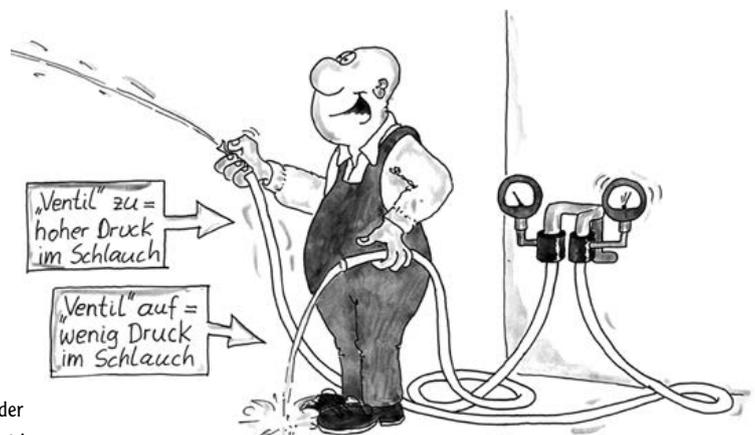


Abb. 1:
Funktionsprinzip der *Mud Pulse-Telemetrie*

veaus werden hier in der untertägigen Bohrgarnitur kontinuierliche Druckschwankungen – gewissermaßen Töne – in den Spülungsstrom induziert. Dabei repräsentieren beispielsweise zwei unterschiedliche Frequenzen die zu übertragenden Nullen oder Einsen. Die Frequenzen können so gewählt werden, dass sie sich deutlich von Pumpenlärm abheben. Mit Sirenen lassen sich deshalb höhere Datenraten realisieren, Pulser besitzen aber eine höhere Reichweite. Welches System für die Praxis am geeignetsten ist, muss im jeweiligen Einzelfall entschieden werden.

Der Strömungskreislauf am Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau

Der Strömungskreislauf, der am Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau in der Agricolastraße 22 konzipiert und aufgebaut wurde, ist in Abb. 3 zu sehen.

Eine Kreiselpumpe fördert Wasser aus einem Tank durch das Rohrleitungssystem, welches das Bohrgestänge repräsentiert. Der typische Pumpenlärm, der auf einer Bohranlage auftritt, wird durch ein sog. Störungssystem erzeugt und dem Volumenstrom der Kreiselpumpe überlagert. Die Kombination von Störungssystem und Kreiselpumpe erlaubt es, den Volumenstrom sowie die Frequenz und die Amplitude der Störgeräusche unabhängig voneinander einzustellen.

Die ganze Anlage ist mit einer Vielzahl von Sensoren bestückt. Hier sind insbesondere die Drucksensoren zu erwähnen, die entlang der Messstrecke positioniert sind. Sie erlauben es, die Entstehung und Ausbreitung der Druckwellen entlang der Rohrleitung detailliert zu verfolgen. In die Anlage können wahlweise Pulser oder Sirenen integriert werden. Diese wurden so konzipiert, dass sie sich in durchsichtigen, modularen Kartuschen befinden, die mit geringem Aufwand austauschbar sind. Sowohl der Pulser als auch die Sirene kann entweder manuell oder über eine automatische Computersteuerung bedient werden.

Im Rahmen der Dissertation wurde der Strömungsversuchsstand aber nicht nur in Form von Hardware aufgebaut, sondern auch vollständig mittels ANSYS CFX11-Software im Computer modelliert. Die Übereinstimmung von praktischen und theoretischen Ergebnissen ist beeindruckend – insofern könnten nun alle Versuche grundsätzlich auch rein virtuell durchgeführt werden.

An der bestehenden Anlage wurden

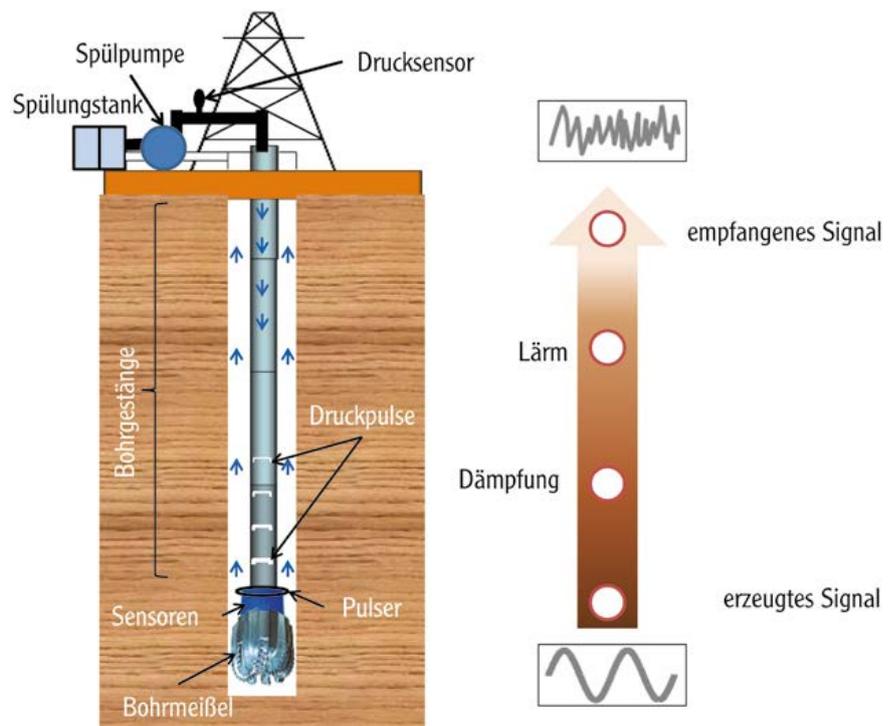


Abb. 2: Ablauf der Mud Pulse-Telemetrie an einer Bohranlage

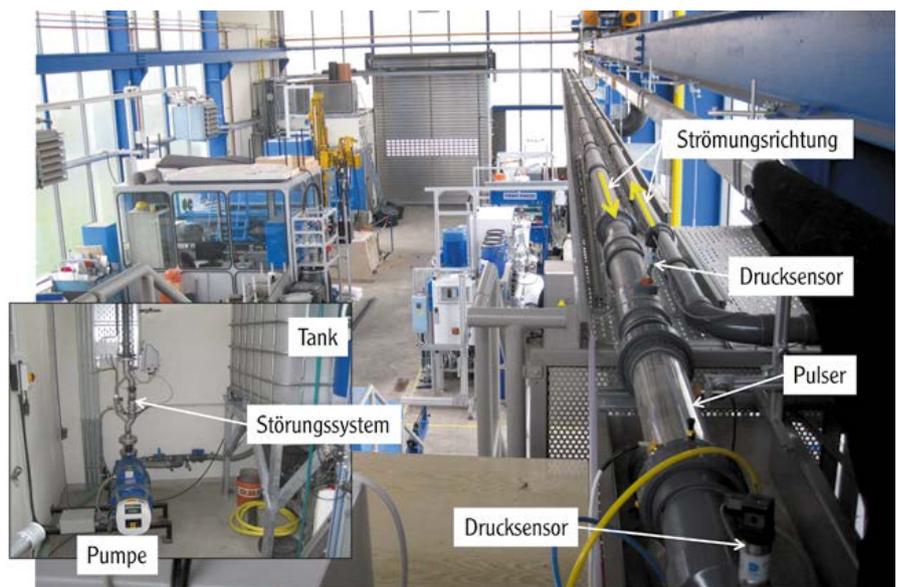


Abb. 3: Versuchsanlage am Institut

inzwischen bereits einige ganz neue Verfahren entwickelt, mit denen die Druckpulse untertägig erzeugt bzw. übertägig erfasst und ausgewertet werden können. Diese Verfahren, für die zwei Patente erteilt wurden, bieten das Potenzial, die Daten schneller als bisher zu übertragen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die im Rahmen der Dissertation erstellte Versuchsanlage zur Datenübertragung in Bohrlöchern ist einmalig in der weltweiten Universitätslandschaft. Sie ermöglicht die Nachstellung und Untersuchung aller wichtigen im Feld gebräuchlichen Verfah-

ren und Aspekte der Datenübertragung und wird zu diesem Zweck intensiv in die Lehre am Institut einbezogen. Die Versuchsanlage repräsentiert somit ein sehr interessantes Alleinstellungsmerkmal der Ausbildung von Erdölingenieurern in Freiberg. Gleichzeitig bietet die Anlage aber auch die Basis für innovative Entwicklungen, mit denen die Datenrate erheblich gesteigert werden soll.

Flankiert wird der Versuchsaufbau durch eine umfangreiche theoretische Modellierung mit ANSYS CFX11 (*computational fluid dynamic (CFD) code*).

Im Rahmen der Forschungsarbeiten

an dem Versuchsstand wurde bereits eine Vielzahl von Ergebnissen veröffentlicht, zum Teil in angesehenen internationalen Zeitschriften. Einige Publikationen wurden sogar mit Preisen ausgezeichnet. Weiterhin wurden zwei Patente erteilt. Darüber hinaus resultieren aus den laufenden Forschungen an der Anlage immer wieder interessante Themen für diverse Studien-, Diplom- und weitere Promotionsarbeiten. Besonders spektakulär war eine studentische Arbeit, in deren Verlauf die eigentlich im unhörbaren Infra-Schall ablaufenden Vorgänge der hydraulischen Datenübertragung hörbar gemacht wurden. Die diesbezügliche Präsentation bei der Jahrestagung der DGMK in Celle fand ein begeistertes Publikumsinteresse.

Die Versuchsanlage wurde auch von

der Serviceindustrie zur Kenntnis genommen. Eine der vier großen internationalen Ölfeld-Servicefirmen wurde im Rahmen einer Literaturrecherche auf das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau aufmerksam. Nach einem Besuch von Vertretern der Entwicklungsabteilung in Houston, Texas, bei uns in Freiberg wurde umgehend ein Kooperationsvertrag für konkrete Entwicklungsarbeiten abgeschlossen sowie eine kleine Niederlassung im Gebäude neben dem Tiefbohrinstitut gegründet.

Mit einer deutschen Bohrtechnikfirma wurde eine Machbarkeitsstudie zu einem neuartigen Datenübertragungssystem erarbeitet; möglicherweise führt auch dieses Projekt zur Entwicklung eines neuartigen Datenübertragungssystems für die Praxis.

Referenzen

- Namuq 2013 Namuq, M. A.: Simulation and modeling of pressure pulse propagation in fluids inside drill strings. Dissertation thesis, 2013.
- Namuq 2012 Namuq, M. A.; Reich, M.; Al-Zoubi, A.: Numerical simulation and modeling of a laboratory MWD mud siren pressure pulse propagation in fluid filled pipe. Oil Gas European Magazine, vol. 38, 3/2012, pp. OG 125-OG 130, September 2012.
- Reich 2012 Reich, M.; Namuq, M.; Fischer, N.: Sounds aus dem Rohr - Effekte der hydraulischen Datenübertragung in Bohrlöchern hörbar gemacht. DGMK/ÖGEW-Frühjahrstagung 2012 (Presentation and Manuscript), Fachbereich Aufsuchung und Gewinnung, Celle, Germany, 19-20 April 2012. ISBN 978-3-941721-25-8
- Namuq 2011 Namuq, M. A.; Reich, M.: Effect of pressure fluctuations of mud pumps on data transmission with mud pulse telemetry. Young Scientist conference (Presentation and Manuscript), St. Petersburg, Russia, 20-22 April, 2011.

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.

Auslandsstudium in Taiwan

Taiwan? Ach ja, das liegt doch irgendwo in Asien. So oder so ähnlich war die häufigste Reaktion, wenn ich in Deutschland erzählte, dass ich ein Jahr als Austauschstudent in Taiwan verbringen würde. Viele meiner Kommilitonen, Freunde und Familie denken bei »Tai« zunächst an Thailand, oder sie bringen Taiwan immhin mit Formosa in Verbindung, stellen es sich dann aber als kleine Insel vor, die bekannt ist für den Tee-Export. In Wirklichkeit ist Taiwan ein zum Großteil, hochtechnisiertes Industrieland mit über 23 Millionen Einwohnern auf einer Fläche, vergleichbar mit der zweifachen Sachsens. Taiwan ist noch vieles mehr, vor allem aber ein toller Platz zum Leben mit zahlreichen hilfsbereiten Menschen und einer beeindruckenden Natur.

Leben in Taichung

Ich bin im Sommer 2013 ohne jegliche einschlägige Sprachkenntnisse in Taiwan angekommen und erlebte als erstes, wie es ist, Analphabet zu sein. Die englische Sprache ist dort zwar verbreitet und wird auch von vielen Taiwanern gesprochen, jedoch meist auf einem elementaren Level. Hinzu kommt eine gewisse Zurückhaltung und Schüchternheit der Taiwaner, was die Kommunikation anfangs erschwert. Eine weitere Hürde ist, dass alle Schilder, Speisekarten

und Busfahrpläne oft nur in Mandarin geschrieben sind. Das ist in den ersten Wochen ein Problem, danach merkt man, dass man auch so zurechtkommt. Die ersten Schriftzeichen, die ich wiedererkennen konnte, waren Reis (飯), Nudeln (麵), Hühnchen (雞), Rind (牛), Schwein (豬) und Schaf (羊). Somit war die Nahrungsgrundlage gesichert, und glücklicherweise haben einige Speisekarten auch Bilder – und wenn nicht, ist immer jemand da, der beim Übersetzen hilft.

Die zweite Erfahrung, die ich in den ersten Wochen machte, war, dass es die Taiwaner lieben, sich anzustellen, egal ob an der Bushaltestelle, an den zahlreichen Teegeschäften oder vor Restaurants, um einen Sitzplatz zu bekommen. Man positioniert sich friedlich hintereinander und wartet, bis man an der Reihe ist. Für Taiwaner ist es dabei auch nicht schlimm, eine halbe Stunde oder länger auf einen Tisch im Restaurant zu warten. Die taiwanische Küche ist sehr vielfältig und ebenso schmackhaft. Neben der traditionell taiwanesischen Küche, wie zum Beispiel Feuertopf (涮鍋子), Schweinekopf mit eingelegtem Chinakohl (酸菜白肉鍋) oder gehackte Garnelen in Salatblättern (生菜蝦鬆) findet man auch Gerichte aus anderen Regionen Asiens (Korea, Japan, Thailand, Vietnam), aber ebenso westliche Restaurants. Essen ist die Lieblingsbeschäftigung der Taiwaner. Eine typische Abendgestaltung ist der

Besuch auf einem der riesengroßen und mit Menschen überfüllten Nachtmärkte. Hier lässt sich neben traditionellen Snacks auch die eine oder andere für den deutschen Gaumen exotische Spezialität, wie zum Beispiel stinkender Tofu (臭豆腐), Schweineblutkuchen (豬血糕) und Reiskloß (肉粽) entdecken.

Taichung ist die drittgrößte Stadt Taiwans mit über 2,6 Millionen Einwohnern. Sie bietet ein reichhaltiges Unterhaltungs- und Kulturprogramm: z. B. Natural Science Museum, botanischer Garten, Kunstmuseum, Tempel und wöchentlich stattfindende Konzerte. In den Stadtteilen Yizhong (一中街) und Fengjia (逢甲) befinden sich die zwei größten Nachtmärkte der Stadt, zahlreiche Einkaufszentren, Bars und Clubs. Taichung ist zwar eine Millionenstadt, liegt aber doch direkt an einem der vielen Nationalparks Taiwans, so dass man sehr schnell in der Natur ist. Der Dakeng Berg (大坑) und die natürliche heiße Quelle von Guguan (谷關) sind nur rund 40 Minuten von der Innenstadt entfernt und ein beliebter Zufluchtsort vor Stadtlärm und Abgasen. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 23 °C. Im Winter gehen die Temperaturen in Taichung jedoch auf 10 °C bis 12 °C herunter, dazu kommt eine hohe Luftfeuchtigkeit. Wie fast überall in Asien gibt es nur selten Heizungen in den Haushalten, was es unabdingbar macht, Winterkleidung nach Taiwan mit-



Kalligraphie-Unterricht

zunehmen. Im Sommer dominiert eine feuchtheiße, schwüle Hitze um 33 °C. Klimaanlage befinden sich in fast jedem Gebäude. Das Klima und die Natur Taiwans haben aber auch ihre Schattenseiten: Es gibt es während der Taifunsaison immer wieder schwere Niederschläge und heftige Winde. Erfreulicherweise ist Taichung zum Großteil durch Gebirge vor Taifunen geschützt und hat das angeblich beste Klima in Taiwan. Zudem gibt es Erdbeben, über das ganze Jahr verteilt. Ich habe während meines Aufenthalts das eine oder andere kleinere Erdbeben miterlebt; das heftigste war am 31. Oktober 2013 mit einer Stärke von 6,3 auf der Richterskala, bei dem die Gebäude in Taichung schon richtig ins Wanken gekommen sind. Verletzte oder größere Schäden gab es glücklicherweise keine.

Lebensmittelpunkt Universität

Taiwan bietet viele Freizeitmöglichkeiten, aber der Lebensmittelpunkt eines Austauschstudenten ist natürlich die Universität. Die National Chung Hsing Universität (NCHU) ist eine staatliche Bildungseinrichtung und zählt zu den Top-10-Universitäten des Landes. An der NCHU studieren derzeit rund 10.500 Bachelor- und 5.500 Masterstudenten.

Als Masterstudent der Betriebswirtschaftslehre in Freiberg habe ich vorwiegend Kurse des Graduate Institute of Technology Management belegt. Alle Kurse dieser Fakultät werden in englischer Sprache angeboten, da sie Bestandteil eines MBA-Programms sind. Durchschnittlich besuchen 20 bis 30 Studenten einen Kurs (teilweise auch nur fünf bis zehn), was den Unterricht viel intensiver als in Freiberg erscheinen lässt. Alle Professoren sind sehr kompetent und verfü-

gen über gute Englischkenntnisse. Der Arbeitsaufwand ist von Kurs zu Kurs sehr unterschiedlich. In der Regel stehen aber Vorträge, Gruppenarbeiten und Projekte auf der Tagesordnung. Die Mehrheit der taiwanesischen Studenten nimmt ihr Studium sehr ernst; von Freizeit kann man zum Teil gar nicht sprechen. Insbesondere zu den Prüfungszeiten ist es keine Seltenheit, dass einheimische Studenten die Nächte an der Universität verbringen.

Neben den fachspezifischen Kursen habe ich die vom Sprachzentrum angebotenen Chinesisch-Kurse besucht. In diesen ist aller Anfang schwer. Insbesondere für europäische Studenten sind die fünf verschiedenen Töne, (mā, má, mǎ, mà, ma) die erste Hürde beim Erlernen der Sprache. Ist sie überwunden, ist es wichtig, sich ein gewisses Grundvokabular einzuprägen, um dann später diese Wörter kombinieren zu können. Dieser Abschnitt ist mit viel Fleiß und Arbeitsaufwand verbunden. Nach dem Besuch der Sprachkurse war ich in der Lage, einfache Alltagssituationen in chinesischer Sprache zu bewältigen. Längere Konversationen waren mir jedoch nur schwer oder gar nicht möglich.

Mein zehnmonatiger Aufenthalt in Taiwan war in jeder Hinsicht eine lehrreiche Erfahrung. Ich habe viele nette Leute getroffen, eine mir bisher fremde Kultur verstehen gelernt und Grundkenntnisse in einer neuen Sprache erworben. Das Leben in Taiwan ist vielseitig. Man sieht und lernt jeden Tag neue Dinge, da die Lebensweise der Taiwaner sich schon sehr von der westlichen Lebensart unterscheidet. Es war eine sehr schöne und spannende Zeit mit vielen neuen Eindrücken, die ich mit nach Hause genommen habe.

■ Nick Müller

Pre-Salt – oder was?

Bohrtechnikstudenten
der TU Bergakademie Freiberg in Brasilien

Vor dem Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau herrschte am 13. September 2013 abends ein reges Treiben. Zwölf Tiefbohrer und zwei Professoren starteten zur inzwischen schon traditionell stattfindenden Auslandsexkursion des 7. Semesters der Bohrtechnikstudenten. Nachdem in der Vergangenheit schon einige Top-Erdölländer wie Russland, die USA, Kanada und der Mittlere Osten besucht worden waren, stand diesmal Rio de Janeiro in Brasilien auf dem Flugticket.

Viele der Merkmale eines Schwellenlands nach derzeitiger Definition dürften auf Brasilien zutreffen. Unsere Exkursion führte uns aber in ein Land, das sich ohne Frage als aufsteigende Erdölnation betrachten kann. Nicht nur, dass vor nur wenigen Jahren die Lagerstätten des sogenannten Pre-Salt entdeckt wurden, auch der technologische Fortschritt und die Investitionen in die Forschung in diesem Zusammenhang sind enorm: Modernste Bohrtechnik, die für Wassertiefen von bis zu 3.000 Metern und Bohrteufen von 10.000 Metern ausgelegt ist, Tiefseekomplettierungssysteme, doppelwandige Pipeline-Systeme, qualifiziert ausgebildetes Personal. Zahlreiche Faktoren sprechen für den Aufschwung, den die Industrie hier erlebt. Und davon wollten wir uns direkt vor Ort überzeugen.

Unsere Unterkunft in Rio hatte eine ideale Lage: Zur einen Seite sahen wir den Zuckerhut, zur anderen die Jesus-Statue. Da nahm man die winzigen Zimmer des Hostels, die mit bis zu neun Personen belegt waren, gern in Kauf.

In Rio besuchten wir ein neues, noch im Aufbau befindliches Forschungsgelände von Baker Hughes, die Erdöl-Universität von Niteroi und natürlich die Firma Petrobras – den halbstaatlichen Ölkonzern, der derzeit etwa 90% der Feldkonzessionen Brasiliens besitzt. Wir lernten eine Menge über Bohr- und Fördertechnik und die speziellen Probleme der Pre-Salt-Lagerstätten. Aber auch ein Altstadtbummel mit Besichtigung der Sehenswürdigkeiten, Kostproben der großartigen, brasilianischen Küche und Baden an den fantastischen Stränden Rios konnten im eng gestopften Stundenplan untergebracht werden.

Weiter ging es mit dem Bus nach Rio das Ostras, von wo aus wir drei Tage



Foto Jonathan Kühne

Petrobras-Zentrale



Foto Ferenc Kowitzki

Herrenknecht TI-350

nach Macae pendelten. Dies ist einer der Anlaufpunkte, von dem aus die Bohrschiffe beliefert werden. Die Hubschrauber starten und landen in Scharen, doch es war nicht zu übersehen, dass es sich um eine reine Industriestadt handelt. Dort besuchten wir Schlumberger, Odebrecht (ein Großkonzern, der neben Staudämmen und Straßen auch Bohrschiffe und FPSO's baut), Halliburton und eine weitere Erdöl-Universität. Überall wurden wir äußerst nett empfangen, bekamen auf ausführlichen Führungen eine Menge Geräte aus der Bohrindustrie zu sehen.

Dann flogen wir weiter nach Salvador. Die Firma Herrenknecht hatte uns nach dorthin eingeladen, um eine ihrer Hydraulik-Tiefbohranlagen zu besichtigen,

mittels derer dort bereits seit einigen Jahren sehr erfolgreich Ölbohrungen abgeteuft werden. Zu unserer Überraschung trafen wir dort auch einen Absolventen der Bergakademie, der gerade die Reparatur eines Aggregats durchführte.

Herrenknecht lud uns anschließend noch in ein sensationell gutes Restaurant ein, in dem wir uns nach alter brasilianischer Tradition drei Stunden lang an bestem Fleisch sattessen konnten.

Schließlich ging es wieder zurück nach Freiberg. Auch wenn wir nur einen Bruchteil des riesigen Landes bereisen konnten, war es uns doch möglich, neben vielen neuen Fachkenntnissen auch die eine oder andere kulturelle Erfahrung mitzunehmen, neue Kontakte zu knüpfen sowie

Sonne und Meer zu genießen. Insbesondere werden wir die netten Menschen, speziell das SPE Student Chapter in Rio de Janeiro, in Erinnerung behalten und über das Internet mit ihnen in Kontakt bleiben.

Wir danken allen Sponsoren herzlich dafür, dass sie uns diese Exkursion ermöglicht haben: Herrenknecht Vertical, Gas Union, German Section SPE, Bauer AG, DEEP, Underground Engineering GmbH, KBB Underground Technologies, Freunde und Förderer TU Bergakademie Freiberg, Angers und Söhne, CEP Central European Petroleum GmbH, UGS Untergrundspeicher- und Geotechnologie-Systeme GmbH und Fangmann.

*Mit freundlichem Freiburger Glückauf!
Die Tiefbohrer des 7. Semesters*

Studieren am Ural

Genauer gesagt: in Tscheljabinsk, der Hauptstadt des Südurals. Mit 1,1 Mio. Einwohnern ist sie die achtgrößte Stadt Russlands, aber in Europa nicht unbedingt bekannt – im Vergleich zu Metropolen wie Moskau, St. Petersburg oder Vladivostok. Aufmerksamkeit erregte die Stadt Mitte Februar 2013 durch einen Meteoriteneinschlag im nahegelegenen Tscherbakulsee. Die dabei erzeugte Druckwelle sprengte unzählige Fenster, wonach dann ca. 1.500 Verletzte zu beklagen waren.

Die Stadt, erstmalig 1736 erwähnt, wurde erst im 19. Jahrhundert zur Großstadt und in der ersten Hälfte des folgenden Jahrhunderts zu einem wichtigen Industriezentrum. Vor allem Traktoren und Panzer wurden in Tscheljabinsk produziert, was der Stadt zu dem immer noch bekannten Beinamen »Tankograd« (Pan-

zerstadt) verhalf. Auch heute noch ist der industrielle Fokus der Stadt sichtbar: entweder in Gestalt der verschiedenen Industriegebiete, die die Stadt quasi einkesseln oder an dem unschönen Erbe des sozialistischen Wohnungsbaus, das noch an zahlreichen Stellen das Bild dominiert. Neuere Bauprojekte im Bereich Wohnhäuser und Büros übertrumpfen allerdings vielerorts europäische Dimensionen. Trotz der ausgeprägten urbanen Atmosphäre kann man schnell im Grünen sein – entweder an den großen umliegenden Seen oder im Stadtwald, der im Stadtzentrum liegt und auf ca. 4,5 km² Möglichkeiten zur Entspannung offeriert.

Stadt und Region, im asiatischen Teil Russlands gelegen, bieten viel Interessantes. Dessen wird sich auch jeder Freiburger Student bewusst, der sich entscheidet, am jährlich stattfindenden Aus-

tauschprogramm des Studentenwerks Freiberg mit dem *International Office* der South Ural State University (SUSU) teilzunehmen. Höhepunkte dieser Reise sind neben einem Russisch-Sprachkurs eine Fahrt mit der transsibirischen Eisenbahn und ein zweitägiger Aufenthalt in Moskau. Eindrucksvoll ist auch das Erleben der russischen Mentalität, der man so in den größeren Metropolen nicht mehr begegnet.

Im Sommer 2013 hat es neun Freiburger nach dorthin verschlagen, unter ihnen Hans Wagler und Matthias Brensing, die mit Unterstützung des Vereins der Freunde und Förderer der Bergakademie dort ein Fachsemester im darauffolgenden Semester verbrachten. Begünstigt wurde dieses Vorhaben von Anfang an durch die Kontakte und Freundschaften, die im vorhergehenden dreiwöchigen

Studentenaustausch entstanden waren. Innerhalb von wenigen Monaten wurden alle bürokratischen Hürden erfolgreich überwunden: die Erteilung der Visa, die eine Einladung aus Russland voraussetzt, die Anerkennung der Module beim Freiburger Prüfungsamt, finanzielle Rückendeckung für das Vorhaben und viele kleinere Dinge von Belang. Zugeordnet wurden wir beide einem in englischer Sprache abgehaltenen Kurs, zusammen mit elf chinesischen Studenten.

Diese internationale Gruppe wurde in vier technischen Disziplinen – Numerik, Metrologie und internationale Vergleichbarkeit ihrer Standards, mechanische Eigenschaften von Kompositmaterialien, Grundlagen automatisierter Systeme – sowie in russischer Sprache und russischer Kultur unterrichtet. Praktische Arbeit, beispielsweise beim Programmieren der Signalkorrekturen für automatisierte Systeme oder bei der Vermessung von handlichen Maschinenteilen mit dem Messschieber, stand neben den normalen Vorlesungen genauso im Stundenplan wie ein Ausflug in das Museum für regionale Geschichte.

Die Unterrichtssprache war Englisch, woran sich alle Studenten recht zügig gewöhnt hatten. In den dreieinhalb Monaten haben alle Teilnehmer ihre Sprachkenntnisse generell und fachspezifisch – auch dank der gut Englisch sprechenden Lehrkräfte – enorm erweitert (mehr und mehr Dozenten der SUSU absolvieren ein gesondertes Sprachtraining in den USA).

Englisch war auch außerhalb der Universität häufig die Sprache der Wahl – auch in den Gesprächen mit den chinesischen Kommilitonen, die sich nicht scheuten, die beiden Deutschen zum Essen einzuladen und natürlich groß aufzitschten. Der einzigartige gegenseitige Einblick in Kultur und Mentalität in geselliger Runde war nicht nur interessant, sondern hat auch Freundschaften begründet. Es bleibt die Hoffnung auf ein Wiedersehen mit den vortrefflichen Gastgebern und guten Freunden, die nun weiter an der Zhejiang Ocean University in der Inselstadt Zhoushan studieren. Von dort bricht jedes Jahr eine Gruppe von Studenten in Richtung Ural auf, um die russische Sprache und Kultur im Sommersemester kennenzulernen.

Doch nicht nur Touristen und Studenten aus Deutschland und China sind in Tscheljabinsk willkommen: Innerhalb von drei Monaten bildete sich nämlich eine internationale Clique aus einer



Das Hauptgebäude: Die obersten Etagen sowie der Turm wurden erst vor zehn Jahren ergänzt. Nun ähnelt das Gebäude dem Hauptgebäude der Moskauer Staatsuniversität.

Handvoll Russen und Russlandinteressierten aus Brasilien, Ecuador, Finnland, Frankreich, Italien, den Niederlanden und Ungarn. Über Studium, Praktikum, Arbeit oder anderes haben alle irgendwie an den Ural gefunden.

Der Aufenthalt in Tscheljabinsk war für uns eine Bereicherung in jeder Hinsicht. Die Möglichkeit, nicht nur die rus-

sische Kultur und Mentalität besser kennenzulernen, sondern auch zusammen mit Freunden zahlreicher Nationalitäten dahingehend den Horizont zu erweitern, war ein einzigartiges Erlebnis. Wir möchten uns für die Förderung durch den Verein der Freunde und Förderer der Bergakademie herzlich bedanken!

■ Hans Wagler und Matthias Brensing



Die Autoren vor dem Studentendenkmal der Universität

Bronisław Barchański: Meine Beziehung zur Bergakademie

Einen wichtigen Impuls für die weitere Entwicklung der gegenseitigen Kontakte von TU Bergakademie Freiberg und AGH gaben die Feierlichkeiten zum 200. Jubiläum der Bergakademie im Jahr 1965. Eine Gruppe von Vertretern der AGH Kraków mit dem Rektor, Prof. K. Żemaitis, an der Spitze, nahm am Montanwissenschaftlichen Tag im November 1965 teil. Auf Anweisung von Prof. B. Krupiński wurde ich als Student zur Teilnahme am III. Internationalen Montanwissenschaftlichen Studentenseminar im November 1965 delegiert, wo ich den Vortrag »Die Gangarten von fossilen Rohstoffen und die Bergbauindustrie in Polen« gehalten habe. Unser Betreuer von Seiten der Studentenorganisation war der Student U. Klinge. Das war meine erste Auslandsreise, die meine weitere wissenschaftliche Laufbahn grundlegend beeinflusst hat. Das wissenschaftliche Programm des Seminars, die Besichtigung von Labors der Bergakademie Freiberg, Exkursionen in Bergbaubetriebe, die wunderschöne Bergparade, leckeres Bier (traditionelles Getränk der Studenten)¹ sowie Kontakte mit Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern waren so stark und fruchtbar, dass sie bis zum heutigen Tag Bestand haben. Diese sprichwörtliche »Kostprobe« hatte zur Folge, dass ich zweimal in den Jahren 1966/67 an wissenschaftlichen Exkursionen nach Freiberg teilnahm. Während dieser besuchten wir unter anderem die »Alte Elisabeth«, das Salzbergwerk Merkers, ein Kupferschieferbergwerk im Revier Mansfeld, das Steinkohlenbergwerk bei Zwickau und einen Braunkohlentagebau in der Gegend von Leipzig.

Unser Betreuer seitens der Bergakademie war der junge Assistent A. Krauß. Von Seiten der AGH waren die Organisatoren Prof. J. Sulima Samujłło, Dr. T. Ożóg und Dr. A. Matysik. Mit ähnlichen Programmen besuchten uns Studentengruppen aus Freiberg, die u. a. die Labors der AGH, das Salzbergwerk Wieliczka, Steinkohlenbergwerke Oberschlesiens und die Kupfererzbergwerke KGHM in Lubin (damals in Bau) besichtigten.

In den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts vertiefte sich meine Bekanntschaft

mit dem Professor und späteren Rektor K. Strzodka, der oft Krakow besuchte. In dieser Zeit arbeitete ich eng mit seinem Mitarbeiter Dr. U. Klinge zusammen.

In den Jahren 1975–1980 organisierte der Studentenzirkel des SITG (Verein der Bergingenieure und -techniker) der AGH jährlich dreimonatige berufssprachliche Praktika für 20-Personen-Studentengruppen, als deren Betreuer und Leiter ich fungierte. Die Praktika wurden in Zusammenarbeit mit CHZ Kopex (Außenhandelszentrale Kopex) organisiert, die in der DDR Bauprojekte realisierte (Pumpspeicher-Spitzenkraftwerk Markersbach, Wasserstollen Bukersdorf-Eibenstock). Jedes Jahr konnten wir dank der Freundlichkeit von Rektor Prof. K. Strzodka sowohl die Labors der Bergakademie als auch die Kulturschätze der DDR (die Städte Freiberg, Dresden u. a.) besichtigen und kennenlernen. Prof. Strzodka unterstützte unsere Studenten persönlich oder durch seine Mitarbeiter (wie beispielsweise Dr. U. Klinge).

Ich hatte persönlich das Vergnügen, im Jahr 1979 (zum 60. Jubiläum der AGH) in Krakow Rektor Strzodka während seines Aufenthalts zu betreuen. In derselben Zeit wurde ich als junger Assistent zur Mitwirkung im internationalen akademisch-industriellen Team für das Gefrierschachtabteufen berufen. Die Mitglieder dieses Teams waren Prof. J. Walewski und Dr. Z. Duda von der AGH, Dr. P. Sitz von der Bergakademie; die polnische Industrie vertraten Dipl.-Ing. P. Bartecki und Dr. A. Wichur. Während dieser Arbeiten nahm ich eine sehr enge wissenschaftliche Kooperation mit Dr. P. Sitz auf, die bis zu seiner Pensionierung andauerte. Prof. Sitz beriet mich bei der Abfassung meiner Habilitationsschrift, und er war zweimal Gastgeber meiner DAAD-Studienaufenthalte an der Bergakademie.

Nach 1990 nahm die Zusammenarbeit zwischen unseren Hochschulen neue Dimensionen an. Als Prodekan der Bergbaufakultät nahm ich 1990 am 225. Jubiläum der Freiburger Bergakademie teil. Damals vertiefte sich die Bekanntschaft mit Prof. H. Gerhard, Prof. M. Walde, Prof. W. Förster, Prof. A. Krauß, Prof. W. Kudla, Dr. K.-H. Eulenberger und Dr. J. Weyer. Ich knüpfte auch den Kontakt mit dem Rektor, Prof. D. Stoyan, an. Im

Rahmen dieser Zusammenarbeit absolvierten vier meiner Doktoranden DAAD-Studienaufenthalte, zwei Mitarbeiter promovierten in Freiberg; der Austausch von Studentengruppen entwickelte sich (unter anderem mit Besuchen von Gruppen Dutzender bergakademischer Studenten anlässlich der Barbarafeier in Kraków unter der Leitung von Prof. A. Sroka sowie mit Berufspraktika von AGH-Studenten im Bergwerk »Reiche Zeche« – Betreuer der Gruppen waren Dr. Z. Duda, Dr. P. Małkowski und viele andere Mitarbeiter). Diese Kontakte werden bis zum heutigen Tag aufrechterhalten. Von 1996 bis 2002 vertiefte ich die Zusammenarbeit, als Prorektor der AGH, auf Hochschulebene. Gemeinsam mit Rektor Prof. Unland und Prorektor Prof. C. Drebenstedt begannen wir die Verhandlungen mit Beteiligung des DAAD bezüglich der Doppeldiplome (AGH war die erste in diesen Diplomiermodus einbezogene Technische Hochschule in Polen). Die Verhandlungen endeten mit Erfolg, und für die nächste Zeit bleibt diese Form der Studiengänge auch erhalten. Ich knüpfte auch den Kontakt mit Oberberghauptmann Prof. R. Schmidt. Die Formen der Zusammenarbeit erweiterten sich. Im Jahr 2001 wurde in Kraków ein vierseitiger Vertrag über die Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg abgeschlossen (Prorektor Prof. Drebenstedt, TU Bergakademie; Prorektor Prof. Barchański, AGH; Prorektor Prof. K. Skretting, NTNU Trondheim; Dr.-Ing. W. Altmann, VNG Leipzig). Ein Beispiel der Erweiterung unserer vielseitigen Zusammenarbeit ist die Einberufung der International University of Resources (IUR) unter Leitung der Freiburger TU mit Beteiligung der AGH Krakow, der Bergbauuniversitäten St. Petersburg (Russland), Dniepropetrowsk (Ukraine) und Leoben (Österreich). Im Jahr 2004 wurde mir eine hohe Ehre und Auszeichnung zuteil: Auf Antrag des Senats überreichte mir Rektor Prof. G. Unland das Diplom »Ehrenbürger TU Bergakademie Freiberg«.

Rang und Ruf solcher Forscher wie A. G. Werner, C. Winkler, F. Reich und vieler anderer haben in der Vergangenheit Studenten aus der ganzen Welt nach Freiberg gezogen, und in der Gegenwart dauert das an. In diesem Sinne sollte die Zusammenarbeit der Ressoucenuniversität TU Bergakademie mit der in ihrer Art weltgrößten TU Berg- und Hüttenakademie (AGH) Kraków in vollem Umfang mit Nutzen für beide Seiten fortgesetzt werden.

¹ Bei späteren Freibergaufenthalten habe ich mit den Studenten direkt »an der Quelle«, d. h. in der Brauerei Bier getrunken – das hat uns Prof. Michael Eßlinger ermöglicht.

Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier (1738–1805) – ein Mathematiker als erster Professor im Hauptamt der Bergakademie. Teil 1

Klaus Richter

Mit bemerkenswertem Weitblick erkannten die Gründer der Bergakademie Freiberg, Generalbergkommissar Friedrich Anton von Heynitz und Oberberghauptmann Friedrich Wilhelm von Oppel, die grundlegende Bedeutung der Mathematik für eine technische Hochschule und stellten mit Lehrbeginn Pfingsten 1766 den gerade 27-jährigen Charpentier als einzigen Professor der Bergakademie im Hauptamt für das »Mathematische Collegium und die Zeichenschule« ein. Über sein Leben vor der Berufung war bisher nur sehr wenig bekannt.

Die Zeit vor der Professur in Freiberg (1738–1766)

Charpentier wurde am 24. Juni 1738 in Dresden geboren. Sein Vater Johann Ernst von Charpentier diente als Hauptmann bei der kursächsischen Armee. Als Dresdner Wohnsitz der Familie ist 1740 die »Töpfergasse beym Schumacher Pollmann« nachweisbar.¹ In den Wirren der Schlesischen Kriege zog die Familie nach Görlitz. Der Görlitzer Maler und Zeichner Schultz schreibt: »Charpentier ... hatte niemals eine höhere Schule besucht und niemals Privatunterricht in den gewöhnlichen gelehrten Schulfächern erhalten.«² Charpentiers Vater – von ihm ist ein farbiger Stadtplan von Löbau aus dem Jahr 1773 erhalten – unterrichtete seinen Sohn im Zeichnen. Der Rat der Stadt Görlitz stellte den jungen Charpentier aufgrund seines Zeichentalents probeweise als Schreib- und Zeichenmeister ein.² Die Sandsteinfigur des Neptuns auf dem Neptunbrunnen in Görlitz wurde 1756 nach einer Zeichnung des 18-jährigen Charpentier geschaffen.³

In den schweren Jahren des Siebenjährigen Krieges ging Charpentier 1758 nach Leipzig, »nicht Studierens halber, ... sondern sich mit Miniaturmahlen ... seinen nothdürfftigen Unterricht zu verschaffen.«² Hier kopierte er 1758 unter Vermittlung des Leipziger Universitätsarchitekten Lange Bergbaurisse und Zeichnungen, die der mineralogisch interessierte Dekan der medizinischen Fakultät aus Freiberg mitgebracht hatte. Schultz schreibt dazu: »Aufgeregt durch dieses Copieren ... reiste er selbst nach Freyberg. Hier wurde er dem Ober-Berg-Hauptmann von Oppel bekannt, welcher aus seinen Zeichnun-



Porträt Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier, Ölbild von Anton Graff, 1798

gen urtheilte, dass er vielleicht hierinnen brauchbar werden könne, da es in Freyberg damals an einem Zeichner fehlte. He. von Oppel behielt ihn daher in Freyberg, öffnete ihm seine Bibliothek und unterstützte ihn auf alle Arten. Nun fing Charpentier an zu studieren ...«.

1759 begann Charpentier ein Studium an der Universität Leipzig. Der Eintrag »Charpentier de Joh. Frdr. Wilh. Dresden. M. [isnensis] i [nscriptus] 26. V. 1759«⁴ im Matrikelregister ist das einzige Zeugnis für sein Studium. Charpentier studierte Rechtswissenschaften und hauptsächlich Mathematik, daneben auch Physik. Zu dieser Zeit hatte der Mathematiker, Geograf und Astronom Heinsius die Professur für Mathematik inne. Charpentier hörte auch Vorlesungen bei dem in Hainichen geborenen Dichter und Moralphilosophen Christian Fürchtegott Gellert,⁵ dem jüngeren Bruder des bekannten Freiburger Metallurgen Christlieb Ehregott Gellert.

Nach dem Studium ging Charpentier 1762 nach Freiberg und wurde hier mit einem bescheidenen Gehalt von jährlich 120 Talern als Zeichner angestellt.

Er beantragte am 29. Juni 1762 in einem Schreiben an das Oberbergamt Freiberg^{6,1} ein Stipendium von 100 Gul-

den zur »Erlernung des Probierens und Markscheidens« aus der 1702 eingerichteten Stipendienkasse. Das Kammer- und Berggemach Dresden bewilligte diesen Antrag am 14. August 1762,^{6,2} und Charpentier wurde Stipendiat Nr. 120 der Stipendienkasse. Erhalten ist sein Grund- und Seigerriss des Thurmhofer Hilfsstollns mit einer künstlerisch gelungenen Vignette aus dem Jahr 1763. Am 11. Mai 1763 bat Charpentier in einem Schreiben an das Oberbergamt nochmals um Zahlung des »Stipendii Metallici«, da ihm »die hierzu nöthigen Mittel gänzlich fehlen« und auch sein Vater nach »ausgestandenen fast Siebenjährigen Drangsalen« ihn nicht unterstützen könne,^{6,3} worauf am 28. Mai 1763 die Auszahlung von 100 Gulden genehmigt wurde. Nach Beendigung der Ausbildung schrieb am 26. Juli 1763 der Markscheider Carl Ernst Richter, dass Charpentier bei ihm »die Geometriam Subterraneam oder Markscheidekunst gehört [habe], und ... alle Propositiones derselben sowohl theoretice als practice durchgegangen ...« sei.^{6,4}

Seinen Lebensunterhalt verdiente Charpentier als Zeichner, vor allem mit Grubenrissen und Zeichnungen für das Freiburger Hüttenwesen. Einige weitere Aufträge sind bekannt: für »Zeichnungen von Holz ersparenden Öfen«, die er für das Oschatzer Textilgewerbe anfertigte, erhielt er zwölf Taler.⁷ 1765 lieferte er die Zeichnungen für den Stempel eines im Zusammenhang mit der Gründung der Bergakademie geschaffenen Prämienspeciestalers. 1766 schuf Charpentier eine Zeichnung des Freiburger Bürgermeisters Horn als Vorlage für einen 1771 von J. F. Bause gefertigten Kupferstich (heute im Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig). Aus dieser Zeit erfahren wir über Charpentier sonst nur aus dem Briefwechsel der Dresdnerin Caroline Lucius mit dem bereits genannten Chr. F. Gellert. So schrieb sie am 21.09.1764:⁸ »... dächten Sie nicht, daß er einer von den besten jungen Leuten ist? ... Hätte er nur soviel, daß er leben könnte ...«. Am 6. Januar 1765 meldete Lucius, dass Charpentier eine »getuschte« Kopie eines Portraits von Chr. F. Gellert geliefert hat, die »sehr schön gerathen und unverbessertlich ähnlich« wäre.

Als Professor an der Bergakademie (1766–1784)

Charpentier spielte auch eine Rolle bei dem für die Gründung der Bergakademie Freiberg entscheidenden Ereignis, dem Besuch des Prinzregenten Xaver mit der kurfürstlichen Familie am 12. und 13. November 1765 zur Besichtigung des Freiburger Bergwesens.⁹ Generalbergkommissar v. Heynitz und Oberberghauptmann F. W. v. Opperl erarbeiteten einen genauen Plan für diesen Besuch, worin auch die Übergabe »eines ordentlichen Grubenrisses nebst Profil ...«, der von Charpentier gefertigt ist an den Prinzregenten vorgesehen war. Weiter plante v. Heynitz die Vorführung von fünf chemischen Experimenten durch Chr. E. Gellert, wobei »der junge Charpentier ... Gellert ad manus gegeben«, d. h. Charpentier amtierte als Assistent Gellerts. Im »Vortrag an Se. Königlichen Hoheiten« am 13. November 1765 schlug v. Heynitz auch einen »Fond zur Geometrischen Zeichen-Schule zu Freiberg« vor, wozu er als Instrukteur »jetzt gleich mit völliger Überzeugung, daß es nicht besser angewandt werden kann, einen namens Charpentier in Vorschlag gebracht haben will, ... weil er sonst auf andre Art, seines unglücklichen Fußes wegen, mit welchem er geboren, beim Bergwerke nicht wohl zu gebrauchen ist«. Charpentier wurde daraufhin mit Lehrbeginn Pfingsten 1766 als einziger Professor der Bergakademie im Hauptamt für das »Mathematische Collegium und die Zeichenschule« mit einem geringen Jahresgehalt von 300 Talern eingestellt. Der weit bekanntere Chr. E. Gellert, als Oberhüttenverwalter Leiter des Oberhüttenamts Freiberg, übernahm das Lehramt in der »metallurgischen chymischen Schule«. Da Oberhüttenverwalter als höheres Amt galt, wurde er offiziell nicht als Professor der Bergakademie geführt. Zudem wurden Mineralogie und Bergbaukunde durch den Inspector Lommer, Markscheidkunst durch den Bergamtsassessor Richter und Probierkunde durch den Bergwarden Klotzsch gelehrt.

Charpentier äußerte sich am 2. Januar 1766 in einem »Unterthänigsten Pro-Memoria«^{6,5} über seine Vorstellungen zur Lehre: »Den Anfang zur Errichtung eines Geometrischen Zeichen Collegii würde ich mit Lesung der reinen Mathematik machen; es ist bekannt, daß diese Wissenschaft der Grund aller übrigen Bergwerks Wissenschaften ist ... Der Autor worüber ich dieses Collegium lesen wollte, wird Wolffs Anfangs Gründe der Mathemati-



Adelsbrief für J. Fr. W. Charpentier, 1784, mit Adelswappen und kaiserlichem Siegel

schen Wissenschaften seyn.« Charpentier hielt zunächst Vorlesungen über Reine Mathematik (Arithmetik, Geometrie, Trigonometrie usw.) und Zeichnen mit Anwendung im Bergbau, im Hütten- und Maschinenwesen, aber noch ohne Differential- und Integralrechnung. Zum Lehrbeginn 1766 hörten 16 unentgeltlich Studierende Charpentiers Mathematisches Collegium und drei das Fach Zeichnen. Zu den ersten Hörern im letzteren Unterrichtsfach gehörte 1766 der spätere Oberberghauptmann v. Trebra. Am 29. März 1769 bat der spätere Bergrat A. G. Werner das Oberbergamt, »die Collegia der Mathematik, Zeichen Kunst ...«^{6,6} hören zu können. In einem Schreiben vom 19. Juli 1769 an den sächsischen Kurfürsten beantragte Charpentier, zugleich Physikprofessor mit einer jährlichen Zulage von 200 Talern und Oberbergamtsassessor zu werden.^{6,7} Daraufhin wurde er 1769 auch erster Professor für Physik der Bergakademie. Er las zusätzlich als Erster Vorlesungen über Mechanik (ab 1768) und die Lehre vom Wetterzuge einschließlich Bergwerksmaschinen (ab 1779). Darüber hinaus hielt er Vorlesungen über Markscheidkunst sowie Bergbau. Zusätzlich hatte Charpentier die Aufsicht ab 1769 für die Bibliothek und ab 1771 für die Mineraliensammlung der Bergakademie.

Mit Lehrbeginn 1766 belegte Charpentier neben seiner Professur zugleich als Student mit der Matrikelnummer 4 das von Gellert gehaltene chemisch-metallurgische Collegium. Ein Lehrjahr später, am 8. Mai 1767, schreibt das

Oberbergamt, dass er erneut kostenfrei das gleiche Collegium belegen darf, »welchem, da er seine Application vornehmlich auf künftig zu erlangende Hütten Dienste lenkt, die Wiederholung dieses Collegii zu statten kommen wird.«^{6,8}

Im Jahr 1768 heiratete Charpentier in Görlitz Johanna Dorothea Wilhelma von Zobel (1749–1801), eine Tochter des sächsischen Stiftsrates Johann Jakob von Zobel in Wurzen und der Henriette Erdmuth von Üchtritz. Angeregt durch Heynitz und Charpentier erfolgte 1776 die Gründung der kurfürstlichen Bergschule in Freiberg, an der junge Bergleute zu Steigern und Werkmeistern ausgebildet wurden.¹⁰

In Charpentiers Wohnung (Freiberg, Burgstraße 9) fanden jeden Freitag Diskussionsabende mit Studenten aus dem In- und Ausland statt, auch nach Beendigung seiner Lehrtätigkeit im Jahr 1784.¹¹

Spätestens ab 1770 wandte sich das Hauptinteresse Charpentiers der Mineralogie und Geologie zu. Ende 1770 legte er eine *Bergwerks Charte des Bergamtsrefiers Marienberg* als Kupferstich vor. Als Folge erhielt er 1771 einen Staatsauftrag für eine mineralogische Karte des Kurfürstentums Sachsen. Dafür unternahm er zahlreiche Erkundungsreisen und entwickelte sich zu einem der besten Feldgeologen seiner Zeit. Die Abrechnung einer 46-tägigen »mineralogischen Reise« im Frühjahr 1772 in Begleitung des Bergakademisten Schreiber ist erhalten.^{6,9} Im Jahr 1778 stellte er die Monografie *Mineralogische Geographie der Chursächsischen Lande* mit einer beispielgeben-

den farbigen petrografischen Karte fertig. Goethe schreibt in einem Brief an Charpentier vom 4. Juli 1780, dass er beim Studium des Werkes sich »manches Nützliche [zu] eigen gemacht habe« und bestellt eine »Sammlung aller Gesteinsarten dortiger Gebirge«. ¹² Außerdem ließ Goethe Charpentiers Karte bis nach Thüringen erweitern. Der Geologe, Mineraloge und Wiener Hofrat von Born regte an, dass Charpentier ein Exemplar der Monografie an Kaiserin Maria Theresia nach Wien schickte. Sie war beeindruckt, und Charpentier wurde 1784 durch ihren Nachfolger Kaiser Joseph II. mit der Renovation seines alten Adelsdiploms und der Erhebung in den Reichsadelsstand geehrt. ¹³

Durch Charpentiers Dienstreisen kam es zu Unterbrechungen in seiner Lehrtätigkeit. Neben seinen umfassenden Lehraufgaben übernahm er zeitaufwändige Funktionen im Oberbergamt Freiberg: Nachweisbar ist, dass er dort ab 1773 als Assessor und Bergkommissionsrat und ab 1784 als Bergrat fungierte. Spätestens 1778 setzte man ihn als Verwalter (Direktor) der fiskalischen Grube Churprinz Friedrich August in Großschirma ein. Dafür wurde ihm sogar ein Dienst-

pferd zur Verfügung gestellt. ¹⁴ Ab 1782 amtierte er zusätzlich als Verwalter des kurfürstlichen Alaunwerks Schwemsal. ¹⁵

Aufgrund dieser gewaltigen Aufgabenfülle übernahmen ab 1782 schrittweise seine Schüler Lempe (Mathematik und Physik) und Sieghardt (Zeichnen) seine Lehre. 1784 beendete Charpentier seine Lehrtätigkeit an der Bergakademie und widmete sich ausschließlich seiner Laufbahn im Oberberg- und Oberhüttenamt und der wissenschaftlichen Arbeit. Darüber sowie über seine Familie, Vorfahren, seinen Widerspruch gegenüber A. G. Werners Gangtheorie und Weiteres informiert der 2. Teil des Artikels.

Literatur:

- 1 Das Jetztlebende Königliche Dresden, 3. Auflage, Verlag bey Christian Robring, Dresden, 1740.
- 2 Fröhlich, A.: Landschaftsmalerei in Sachsen in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, VDG, Weimar, 2002.
- 3 Jecht, R.: Der Neptunbrunnen nebst den anderen steinernen Kunstbrunnen in Görlitz, in: Neues Lausitzisches Magazin, Band 78, 269–276, Görlitz, 1902.
- 4 Erler, G.: Die jüngere Matrikel der Universität Leipzig 1559–1809, Band 3: 1709–1809, Giesecke & Devrient, 1909.

- 5 Gellerts Briefe an Fräulein Erdmuth von Schönfeld, J. B. Hirschfeld, Leipzig, 1861.
- 6 Universitätsarchiv der TU Bergakademie Freiberg, 1: Buch OBA7, S.8; 2: OBA7, 9; 3: OBA7, 17; 4: OBA7, 27; 5: OBA236, 9; 6: OBA236, 24; 7: OBA 237, 93; 8: OBA236, 143; 9: OBA236, 82.
- 7 Laux, E. und Teppe, K. (Hrsg.): Der neuzeitliche Staat und seine Verwaltung, Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 1998.
- 8 Ebert, F. A. (Hrsg.): Briefwechsel Christian Fürchtegott Gellerts mit Demoiselle Lucius, F. A. Brockhaus, Leipzig, 1823.
- 9 Herrmann, W.: Bergbau und Kultur, Beiträge zur Geschichte des Freiburger Bergbaus und der Bergakademie, Freiburger Forschungshefte, D2, Akademie-Verlag Berlin, 1953.
- 10 Kasper, H.-H. und Wächtler, E.: Geschichte der Bergstadt Freiberg, Herrmann Böhlau Nachfolger, Weimar, 1986.
- 11 Hasse, T. L. (Hrsg.): Denkschrift zur Erinnerung an die Verdienste des in Dresden am 30. Juni 1817 verstorbenen K. S. Bergraths Werner, Arnoldsche Buchhandlung, Dresden u. Leipzig, 1848.
- 12 Herrmann, W.: Goethe und Trebra, Freiburger Forschungshefte, D9, Akademie-Verlag Berlin, 1955.
- 13 Gerlach, J. C. F.: Freyberger Gemeinnützige Nachrichten für das Königlich-Sächsische Erzgebirge, 15.04.1819, 113–116.
- 14 Archiv des Oberbergamts Freiberg, Akten 1080 u. 1081.
- 15 Schellhas, W.: Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier, Bergakademie 15(1963)10, Berlin, 754–756.

Ehemaligen-Treffen der Studentengemeinden an der TU Bergakademie

Wenige Jahre nach der Wiederaufnahme des Lehrbetriebes an der Bergakademie nach dem 2. Weltkrieg fanden sich sowohl evangelische als auch katholische Studierende in Studentengemeinden zusammen. Die evangelische Studentengemeinde (ESG) und die katholische Studentengemeinde (KSG) bilden heute eine gemeinsame ökumenische EKSG. Nach dem diesjährigen Berg- und Hüttenmännischen Tag trafen sich vom 13. bis zum 15. Juni 2014 ehemalige und derzeitige Mitglieder der Studentengemeinde in Freiberg zu interessanten und fröhlichen Veranstaltungen im katholischen Gemeindezentrum, in der Alten Mensa und zum Abschlussgottesdienst im Dom.

Mehr als 150 Ehemalige kamen, dazu die heutigen aktiven Mitglieder, so dass fast 180 Leute versammelt waren. Der erste Abend wurde von den ehemaligen und heutigen Studentenpfarrern und -seelsorgern Heinz Schlamper (KSG), Rainer Hageni, Klaus Goldhahn, Brigitte Lehmann, Bernhard Stief, Lüder Laskowski (alle ESG) und Matthias Kocner (KSG) mit Erlebnisberichten und fröhlichen Ge-

schichten aus ihrer aktiven Zeit in Freiberg ausgestaltet.

Am Sonnabend war die Alte Mensa Tagungsort. Rektor Bernd Meyer gab zunächst einen Überblick über die heutige Technische Universität Bergakademie. Der Hauptvortrag von Dr. Klose, Dresden, behandelte das so schwierige Problem von Glaube und Naturwissenschaft. Der Nachmittag war angefüllt mit Dom- und Kreuzgang-Besichtigung, Orgelkonzert in der Petrikerche, Wasserkunst im Abraham-Schacht und einem »Blick zurück – die Bergakademie in der Umbruchszeit 1989/93« (F. Häfner).

Zum fröhlichen Abend in der Alten Mensa gab es viele Geschichten von Ehemaligen. Der älteste Teilnehmer, der Geophysiker Helmut Regensburger aus Leipzig, Studienbeginn 1952, erzählte beispielsweise über die Studentenverfolgungen 1952–53, aber auch eine Enkelgeschichte (Schuhkauf Größe 46 für den Opa mit dem Enkelsohn: »Opa, du musst eine Nummer größer nehmen, dann passen sie nächstes Jahr auch noch«). Petra Hinske (Startjahr 1963) berichtete über



Auch solche Rauchschorne waren Themen der Studentengemeinde in Freiberg – aber nicht mehr zum Ehemaligen-Treffen im Jahr 2014

den leider schon verstorbenen Mathematiker Wolfgang Mehlhorn (ESG) und sein Wirken für die deutsch-polnische Verständigung schon zu DDR-Zeiten.

Das gesamte Treffen wurde locker, aber gekonnt, vom derzeitigen evangelischen Studentenpfarrer Lüder Laskowski moderiert. Am Trinitatis-Sonntag, zum ökumenischen Abschluss-Gottesdienst mit dem Prediger Lüder Laskowski, war der Dom gut gefüllt.

■ Frieder Häfner

Chronik 2015

825 Jahre – 1190

- (18.02.) Otto der Reiche, Markgraf von Meißen, stirbt nach 34-jähriger Regierungszeit

550 Jahre – 1465

- (04.07.) Ulrich Rülein von Calw geboren, Arzt, Mathematiker und bekannter Montanwissenschaftler, 1514–1519 amtierender Bürgermeister von Freiberg

500 Jahre – 1515

- Bürgermeister und Stadtarzt Ulrich Rülein von Calw und Nikolaus Hausmann, ein Freund Luthers, gründen eine städtische Lateinschule in Freiberg, erstes humanistisches Gymnasium in Sachsen
- Beendigung der Innenausstattung des neuerbauten Freiburger Domes

375 Jahre – 1640

- (11.03.) Abraham von Schönberg geboren, 1676–1711 Oberberghauptmann in Freiberg, Reformator von Berg- und Hüttenwesen in Kur-sachsen, 1702 Initiator der Freiburger Stipendiatenkasse sowie 1710 Gründung der Generalschmelzadministration nach seinen Plänen

300 Jahre – 1715

- Beendigung des um 1680 begonnenen Baus der Altväterbrücke bei Rothenfurth, Aquädukt zur Wasserführung über das Muldental zur St. Anna samt Altväter-Fundgrube

275 Jahre – 1740

- (Tag unbekannt) Carl Friedrich Wenzel geboren, Oberhüttenamtsassessor in Freiberg, von 1789 bis 1793 unterstützt er nebenamtlich Christlieb Ehregott Gellert bei dessen Vorlesungen an der Bergakademie als Assistent
- (05.04.) Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra geboren, 1766 erster Student der neugegründeten Bergakademie Freiberg, 1801–1819 Oberberghauptmann in Freiberg

250 Jahre – 1765

- (23.03.) Franz Xaver von Baader geboren, Student 1788/92, 1807 Oberbergrat bei der Generaldirektion der bayrischen Bergwerke und Salinen in München, 1828 Professor für Philosophie und Theologie an der Universität München
- (15.04.) Michail W. Lomonossow gestorben, der russische Universalgelehrte erhält 1739/1740 in Freiberg bei Bergrat Johann Friedrich Henckel eine metallurgische Ausbildung und war sein berühmtester Schüler
- (21.11.) Gründung der Bergakademie Freiberg

225 Jahre – 1790

- Einrichtung des Freiburger Theaters durch Umbau eines Bürgerhauses am Buttermarkt
- Unruhen der Freiburger Bergleute wegen ihrer schlechten Lebenslage, Beendigung durch sächsisches Militär und die Bürgergrenadierkompanie
- (Tag unbekannt) Valentin Erhard geboren, 1828–1829 erster Lehrer für Französisch an der Bergakademie
- (Tag unbekannt) Pierre Niclou, 1830–1831 akademischer Sprachlehrer für Französisch
- (06.04.) Einweihung des Amalgamierwerks Halsbrücke; Projektierung und Bau unter maßgeblicher Beteiligung der Freiburger Professoren Christlieb Ehregott Gellert und Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier
- (15.12.) Georg Gottlieb Pusch geboren, Student 1806/10, 1816–1826 Professor für Chemie und

Hüttenkunde an der Universität Kielce in Polen, 1834–1842 Münzmeister sowie Leiter der polnischen Berg- und Hüttensektion in Warschau

200 Jahre – 1815

- Wiener Kongress: Sachsen verliert 58 % des Staatsgebiets und 42 % der Bevölkerung an Preußen
- (15.05.) Carl Ludwig Modrach geboren, Student 1832/36, Bergverwalter beim Erzgebirgischen Steinkohlen-Aktienverein in Zwickau
- (03.07.) Friedrich Wilhelm von Reden gestorben, Student bei A.G. Werner um 1780, Direktor des preußischen Oberbergamtes in Schlesien, 1802 Oberberghauptmann und Leitung des Berg- und Hütten-Departements in Berlin, 1803 preußischer Staatsminister

175 Jahre – 1840

- (23.03.) William Maclure gestorben, Student bei A.G. Werner um 1785, schuf die erste geologische Karte der USA, 1817 Präsident der Academy of natural sciences in Philadelphia
- (06.04.) Reinhard Schwamkrug geboren, Student 1859/63, 1872 Hüttenbaumeister auf der Muldner Hütte bei Freiberg, 1882–1885 Lehrer für Baukunde und Zeichnen
- (18.04.) Bernhard Rudolf Förster geboren, Student 1857/61, Bergdirektor der Königlichen Steinkohlenwerke Zauckerode (heute Freital), 1886 als Finanzrat zum sächsischen Finanzministerium in Dresden, später Geheimer Bergrat und Referent für das Berg- und Hüttenwesen Sachsens
- (27.04.) Rossiter Worthington Raymond geboren, Student 1860/61, beratender Ingenieur von Montan-Betrieben in den USA, 1872–1875 Präsident und 1884–1911 Sekretär des American Institute of Mining Engineers, 1903 Lektor für Bergrecht an der Columbia-University in New York
- (16.05.) André Jean M. Brochant de Villiers gestorben, Student bei A.G. Werner um 1795, Professor der Mineralogie und Geologie an der École des mines in Paris
- (20.12.) Alfred Stelzner geboren, Student 1859/64, 1866–1870 Akademieinspektor, 1871–1874 Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Cordoba (Argentinien), 1874–1894 Professor der Geologie, Lagerstätten- und Versteinerungslehre an der Bergakademie Freiberg

150 Jahre – 1865

- (25.01.) Hans Eugen Stierlin geboren, Student 1885/88, Bergingenieur im Goldbergbau Südafrikas, Montangutachter in Russland, Australien, Europa und den USA
- (18.02.) Julius Karl Gustav Kuntz geboren, Student 1885/91, Bergingenieur im Goldbergbau Süd- und Ostafrikas, Montangutachter in Kleinasien, Russland, Siebenbürgen, Chile, Spanien, Portugal und Mexiko
- (08.04.) Carl Richard Wolfgang Job geboren, Student 1886/89, 1893–1902 Hüttendirektor der Bleisilberhütte Laurion, Griechenland, 1902–1929 Tätigkeit für die Metallgesellschaft Frankfurt a.M., wie Errichtung neuer Anlagen, Einführung neuer Verfahren und Leitung von Versuchsanlagen und Hüttenwerken
- (30.05.) Carl Wilhelm Anton Schiffner geboren, Student 1885/89, 1902–1930 Professor für Hüttenkunde, Elektrometallurgie und ab 1909 Probierkunde, 1917–1919 Rektor der Bergakademie
- (02.06.) Karl Georg von Raumer gestorben, Stu-

dent bei A.G. Werner 1804, Professor für Mineralogie in Breslau und Erlangen

- (19.06.) Errichtung der Bondi-Stiftung für Stipendien anlässlich des 100-jährigen Bestehens der Bergakademie zum Gedächtnis an den Mineralogen Dr. Marcus Bondi aus Dresden durch seine Schwester Clara Bondi
- (31.07.) Max Ferdinand Winkler geboren (Sohn von Clemens Winkler), Student 1888/92, Betriebsinspektor der Porzellanmanufaktur Meißen, kurzzeitig Direktor der Porzellanfabrik Limbach A.-G.
- (08.10.) Ernst Wilhelm Just geboren, 1921 Ehrendoktor, 1898–1900 Professor für Allgemeine Rechtskunde und Bergrecht, 1900 Finanzrat am sächsischen Finanzministerium in Dresden; als Ministerialdirektor und Abteilungsleiter ab 1917 bewirkte er viel für die Bergakademie, wie das eigenständige Promotionsrecht und die Errichtung des Braunkohlenforschungsinstituts

125 Jahre – 1890

- (13.07.) Eröffnung der Eisenbahnstrecke von Freiberg nach Halsbrücke
- (24.07.) Paul Rosin geboren, Student 1908/14, 1921–1932 Privatdozent, ab 1928 a.o. Professor für Theoretische Hüttenkunde sowie 1931–1932 für Verbrennungstechnik; formuliert mit E. Rammner, K. Sperling und J.G. Bennett 1933 das Gesetz der Korngrößenverteilung bei Mahlprozessen
- (01.12.) Alfred Ohnesorge geboren, Student 1908/13, 1926–1934 Privatdozent für Bergbaukunde und Gewinnung von Steinen und Erden

100 Jahre – 1915

- (19.02.) Muzzaffer Ulzoy geboren, Student 1936/40, Bergingenieur und Generaldirektor des türkischen Steinkohlenbergbaus
- (16.04.) Johann Joseph Emil Wurmbach gestorben, Student 1859/62, Berg- und Hüttendirektor in Trojes-Angangueo, Mexiko
- (02.05.) Franklin Guitermann gestorben, Student 1874/77, Hütteningenieur in Colorado, Wyoming und Utah, Generaldirektor der Pueblo-Hütte der American Smelting and Refining Co., später Vorstand aller Hüttenbetriebe dieser Gesellschaft, Sitz in Denver, Col.
- (10.06.) Hans Jendersie geboren, 1961–1969 Professor für Bergbaukunde, ab 1969–1980 Professor für Bergbau-Tiefbau
- (10.06.) Richard Schrader geboren, 1955–1967 Professor für Anorganische und Analytische Chemie
- (09.09.) Gerhard Roselt geboren, 1963–1981 Professor für Kohlengeologie und Paläobotanik
- (18.09.) Hector Rößler gestorben, Student 1860/63, Mitgründer und Direktor der Deutschen Gold- und Silberscheide-Anstalt Frankfurt/M. (Degussa)

75 Jahre – 1940

- Fertigstellung der Ofenhalle für halbtechnische Untersuchungen an der Leipziger Straße (heute zum Gellert-Bau)
- (Tag unbekannt) Fritz Jacob gestorben, Student 1907/12, Direktor der bedeutenden Silbererzgrube Colquechaca in Bolivien
- (26.02.) Max Ferdinand Georgi gestorben, Student 1873/77, Geheimer Bergrat, Direktor des Staatlichen Steinkohlenwerks Zauckerode (heute Freital)
- (23.09.) Max Coelestin Heinsius von Mayenburg gestorben, Student 1910/14, Bergingenieur und Markscheider bei den Richard-Hartmann-

Schächten im nordböhmischen Braunkohlenrevier bei Dux, zuletzt Bergdirektor

- (25.11.) Gliederung der Bergakademie in zwei Fakultäten: Fakultät für Naturwissenschaften und Ergänzungsfächer (ab 1960 als Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät bezeichnet) sowie Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen

50 Jahre – 1965

- Neuer Diplomstudiengang Ingenieurökonomie – Geologische Erkundung
- Eigenständige Fachrichtung Elektrotechnik eingeführt, davor ab 1964 Studienrichtung der Fachrichtung Bergbaumaschinen
- (27.01.) Gustav Aeckerlein gestorben, 1958 Ehrensensator, 1928–1930 a.o. Professor für Radiumkunde, 1930–1949 Professor für Physik und Radiumkunde
- (28.03.) Rudolf Schenck gestorben, 1930 Ehrendoktor, Professor für Chemie an den Universitäten Münster und Marburg

- (25.07.) Gustav Altschul gestorben, Student 1910/14, Markscheider, insbesondere im sächsischen Steinkohlenbergbau tätig, 1929–1936 als Bergdirektor alleiniger Vorstand der Zwickau-Oberhohndorfer-Steinkohlen-A.G.
- (19.08.) Walther Weigelt gestorben, 1947 Ehrensensator, 1914–1952 Professor für Allgemeine Rechtskunde und Bergrecht, 1945–1946 als Berghauptmann Leiter des Oberbergamtes Freiberg
- (12.09.) Moritz Hochschild gestorben, Student 1900/05, Bergingenieur in Spanien und Australien, Montan-Unternehmer in Südamerika und Gründer der Erzhandelsfirma Mauricio Hochschild u. Co. in Valparaiso
- (12.11.) Wiederaufführung des Singspiels »Die Bergknappen« anlässlich der 200-Jahrfeier der Bergakademie (1778 Uraufführung am Nationaltheater Wien als erstes Singspiel in deutscher Sprache)
- (16.11.) Erich Lange gestorben, 1946 Professor

für Brennstoffgeologie, 1946–1950 Präsident der Deutschen Geologischen Landesanstalt, 1950–1952 Direktor des Geologischen Dienstes der DDR

25 Jahre – 1990

- (20.02.) Walter Christian gestorben, 1949–1969 Professor für Technische Wärmelehre und Maschinenkunde, 1969–1970 Professor für Energieeinsatz
- (26.02.) Rudolf Liebold gestorben, 1949–1968 Professor für Physik
- (10.03.) Adolf Watznauer gestorben, 1953–1957 Professor für Petrographie und Mineralogie im Nebenamt, 1957–1972 Professor für Geologie
- (25.07.) Neugründung des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.
- (03.10.) geeintes Deutschland durch Beitritt der DDR zur Bundesrepublik Deutschland
- (13.11.) Gebäude Leipziger Str. 28 erhält den Namen Erich Rammmler-Bau

■ Roland Volkmer, Norman Pohl

Zum 250. Gründungsjubiläum

1765 – 2015

FESTPROGRAMM

Stand August 2014

Im Festjahr 2015 werden mit vielfältigen Festveranstaltungen und Ausstellungen, aber auch wissenschaftlichen Tagungen, die den exzellenten nationalen und internationalen Ruf der TU Bergakademie Freiberg als herausragende Lehr- und Forschungseinrichtung unterstreichen, 250 Jahre lebendige und gelebte Geschichte gefeiert.

Liebe Leser der Acamonta, auf den kommenden Seiten möchten wir Ihnen das Programm des Festjahres, das am 6. März 2015 beginnt und am 3. Mai 2016 endet, näher vorstellen. Wir würden uns freuen, Sie zu der einen oder anderen Veranstaltung bei uns begrüßen zu dürfen.

Aktuelle Informationen zum Jubiläum sowie Änderungen im Programm finden Sie auch stets aktuell auf der Jubiläumshomepage unter 250.tu-freiberg.de.

Mit einem freundlichen Glück Auf

Prof. Dr. Jürgen Bast
Beauftragter des Rektorats
für das Jubiläum
Dipl.-Volksw. Claudia Baldauf
Jubiläumskoordinatorin

FESTVERANSTALTUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

6. März 2015

Eröffnung des Jubiläumsjahres mit einem **Festvortrag** von Schriftsteller und Festkurator Ulrich Grober zum Thema »Tradition als Ressource – Die Bergakademie und die langen Linien des Nachhaltigkeitsdenkens im kulturellen Erbe Sachsens« und der feierlichen **Einweihung des Historicums**, der wissenschaftlichen Ausstellung zur Universitätsgeschichte.



Schriftsteller und Festkurator Ulrich Grober

Zusätzlich erfolgt an diesem Tag die **Übergabe einer Skulptur der Heiligen Barbara**, der Schutzpatronin der Bergleute. Diese Stiftung des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg wird zukünftig Mitarbeiter und Studierende im Universitätshauptgebäude begrüßen.

9. März – April 2015

Sonderausstellung: Studentinnen und Wissenschaftlerinnen an der TU Bergakademie Freiberg (1885–2015)

Diese Ausstellung im Foyer des Universitätshauptgebäudes soll einen aus heutiger Sicht wesentlichen, aber bisher wenig beachteten Aspekt der Universitätshistorie – den des Frauenstudiums an der TU Bergakademie Freiberg sichtbar machen. Porträtiert werden u.a. Mary Hegeler, die erste Studentin der Bergakademie (1885), Maja Krumnacker, die erste Professorin an der Bergakademie (1978) und Anja Geigenmüller, heute Professorin an der TU Ilmenau.

April – Juli 2015

In der **Sonderausstellung »Fliegende Juwelen II«** wird die faszinierende Farbenwelt der Minerale und Insekten in der terra mineralia präsentiert.

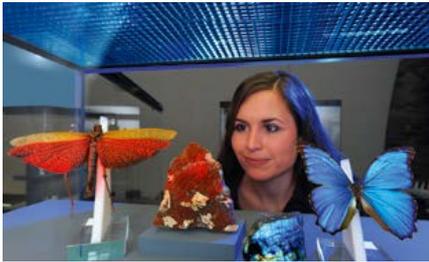


Foto: Wolfgang Thiem

Exponat aus der Ausstellung Fliegende Juwelen

14. April und 20. Mai 2015

Auch im Jubiläumsjahr werden unsere engagierten Studierenden mit den Bergakademischen Studententagen ein Highlight des Sommersemesters auf dem Campus veranstalten. Die **Studententage der TU Bergakademie Freiberg** sind mittlerweile zu einer Tradition an unserer Universität geworden und bieten Studenten, Mitarbeitern und Dozenten jährlich eine bunte Mischung aus sportlichen und kulturellen Veranstaltungen auf dem Campus und in der Stadt Freiberg.



Foto: Tobias Prüfer

Studententage 2014

25. April 2015

Das Collegium Musicum, ein Ensemble aus Orchester und Chor, bestehend aus Universitätsangehörigen und Freunden der Bergakademie, organisiert anlässlich des 250. Gründungsjubiläums ein **Festkonzert** in Kooperation mit dem Freiburger Stadtchor in der Nikolaikirche zu Freiberg.



Foto: Dirk Brandenburger

Das Collegium Musicum im Juni 2014 im Audimax

20. Juni 2015

Die Universität präsentiert sich zur **Jubiläums-Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft** in der Freiburger Innenstadt u. a. mit einer Junior-Uni, Vorträgen und Ausstellungen, dem großen Alumnitreffen im Innenhof des Universitätshauptgebäudes und einigen besonderen Überraschungen.



Foto: Detlev Müller

Nacht der Wissenschaft 2012

27. Juni 2015

250 Jahre Bergakademie Freiberg zum Freiburger Bergstadtfest

4. Juli 2015

Im Rahmen der Freiburger Sommer-nächte findet das große **Open-Air-Konzert** des Collegium Musicum mit dem Jugend- und dem Sinfonieorchester im Hof von Schloss Freudenstein statt.

15. Juli 2015

Die von Studenten aller Fakultäten im Sommersemester erstellten Kurzfilme des Filmprojekts der Professur für Englische Fachsprache der Wirtschafts- und der technischen Wissenschaften werden jährlich im Rahmen der **Otto Night** feierlich uraufgeführt und ausgezeichnet.



Foto: Quang Hung Le

Die begehrten Awards 2011

13. September 2015

Die Universität öffnet zum **Tag des offenen Denkmals** ihre historischen Gebäude, beispielsweise die Clemens-Winkler-Gedenkstätte oder den Karzer. Auch die Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg, so die Geowissenschaftlichen Sammlungen im Werner- und im Humboldt-Bau, die Eisenmetallurgische Sammlung im Ledebur-Bau und die Weisbach-Sammlung im Weisbach-Bau, sind an diesem Tag zu besichtigen.

8. Oktober 2015

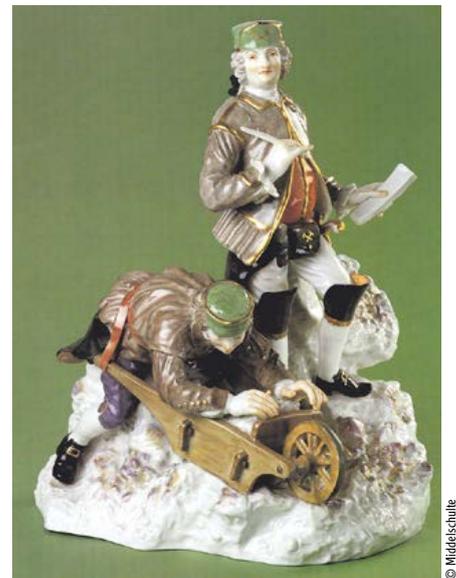
250 Jahre TU Bergakademie Freiberg und 500 Jahre Geschwister-Scholl-Gymnasium Freiberg. Anlässlich beider Jubiläen findet an der TU Bergakademie Freiberg eine Feierstunde mit Experimenten und Vorlesungen für Gymnasiasten statt.

20. November 2015

Konzertante Aufführung der Oper »Das stumme Waldmädchen«, der ersten Oper von Carl Maria von Weber, die er im Alter von 14 Jahren in Freiberg komponierte.

20. November 2015 – Februar 2016

Sonderausstellung »Ein fein bergman-nig Porcelan – Abbilder vom Bergbau in weißem Gold«. Die von Bergassessor Dr.-Ing. e.h. Achim Middelschulte (Mitglied des Stifterrates und Ehrendoktor der TU Bergakademie Freiberg) gegründete Achim und Beate Middelschulte-Stiftung ermöglicht es, die in ihrem Besitz stehende, weltweit bedeutendste Sammlung alter bergmännischer Porzellane aus dem 18. Jahrhundert in Freiberg auszustellen.



© Middelschulte

Exponat aus der Porzellansammlung von Familie Middelschulte

21. November 2015

Festakt anlässlich der Gründung der Bergakademie Freiberg am 21. November 1765 als Höhepunkt des Jubiläumsjahres (Teilnahme nur auf Einladung). An der Festveranstaltung werden der Bundespräsident der Bundesrepublik Deutschland, die Bundesministerin für Bildung und Forschung, der Ministerpräsident des Freistaates Sachsen sowie hochrangige Gäste aus dem In- und Ausland, Studierende, Mitarbeiter, Freunde und Förderer unserer Universität teilnehmen. Nach dem Festakt und einer imposanten Bergparade durch die Freiburger Innenstadt findet am Abend des 21. Novembers 2015 ein Fest für Mitarbeiter und Studierende in der Neuen Mensa statt.

27. November 2015

Die Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg treffen sich zur **Jahresversammlung mit anschließender traditioneller Barabarafeier** (Teilnahme nur auf Einladung).



Barabarafeier 2013

16. Dezember 2015

Das Collegium Musicum lädt anlässlich des Jahresabschlusses zum traditionellen **Hochschuladventskonzert**.



Hochschuladventskonzert des Collegium Musicum am 11. Dezember 2013

3. Mai 2016

Eröffnung der **Sonderausstellung »Rückblick auf das Jubiläumsjahr«**

FACHTAGUNGEN

5.–6. März 2015

Symposium für Aufbereitungstechnik

Im vom Institut für Aufbereitungsmaschinen organisierten Symposium werden unter dem Titel »Zerkleinern und Klassieren – Produkte herstellen, charakterisieren, trocknen, trennen und verwerten« aktuelle Forschungsergebnisse, neue Produktentwicklungen und Anwendererfahrungen aus dem Bereich der Rohstoffaufbereitung vorgestellt.



Untersuchung zur Brikettierung von Ölschiefer auf einer Walzenpresse

17.–18. März 2015

14. Baustoffkolloquium

Auf dem Baustoffkolloquium kommen Experten aus Wissenschaftsgebieten entlang der Wertschöpfungskette von der Erkundung/Genehmigung über die Gewinnung und Aufbereitung bis zur Rohstoffverarbeitung zu Wort. Zudem findet die Preisverleihung der Stiftung Steine-Erden-Bergbau und Umwelt statt. Gastgeber ist das Institut für Bergbau und Spezialtiefbau.

25.–26. März 2015

5. Symposium Freiburger Innovationen – Energie- und Rohstoffwende

Vertreter aus Politik, Wirtschaft und Forschung werden zu einer Versachlichung der Diskussion zu Chancen und Risiken der Energie- und Rohstoffwende beitragen und Anregungen für erfolgreiche Strategien diskutieren. Initiiert wird das Symposium von der Professur für Umwelt- und Ressourcenmanagement, dem Interdisziplinären Ökologischen Zentrum (IÖZ), dem Institut für Technische Chemie, dem Institut für Mineralogie sowie dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF).

25.–27. März 2015

MEFORM 2015

Das Institut für Metallformung veranstaltet die MEFORM 2015 zum Thema

»Leichtmetalle – Umformtechnologien und Weiterverarbeitung«. Die Tagung bietet Wissenschaftlern und Ingenieuren aus Industrie und Forschung die Möglichkeit, jüngste Entwicklungen und Fortschritte auf dem Gebiet der Magnesium-, der Aluminium- und der Titanwerkstoffe zu präsentieren und gemeinsam zu diskutieren.

7.–11. April 2015

136. Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins

200 bis 250 Teilnehmer aus allen Teilen Deutschlands werden zu einem Vortragstag und insgesamt zwölf Tages- und Halbtagesexkursionen zum Thema Geologie und Bergbau in Freiberg erwartet. Gastgeber ist das Institut für Geologie.



Verschweißter Ignimbrit der Tharandter Wald-Caldera (ca. 320 Millionen Jahre alt)

7.–8. Mai 2015

16. Geokinematischer Tag

Das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie lädt zur Vorstellung und Diskussion der neuesten Entwicklungen des Markscheidewesens und der angrenzenden Fachgebiete ein. Schwerpunkte der jährlich stattfindenden Tagung sind u. a. Geomonitoring, Photogrammetrie und Fernerkundung, die Integration geodätischer und geotechnischer Daten, die Analyse geokinematischer Prozesse sowie die Ingenieurvermessung im Bergbau.

8.–9. Mai 2015

65. Jahrestag des Instituts für Keramik, Glas- und Baustofftechnik

Seit der Institutsgründung und der Einführung des Studiengangs im Jahr 1950 wurden über 1400 Diplomingenieure in den Fachrichtungen Silikathüttenkunde, Silikatechnik bzw. Keramik, Glas- und Baustofftechnik ausgebildet und über 160 Promotionen abgeschlossen. Zum 65. Jahrestag finden Fachvorträge, Institutsführungen und Präsentationen der neuesten Forschungsergebnisse statt.

11.–12. Juni 2015**2. Internationale Freiburger Tagung zu Energiespeichermaterialien (ESTORM)**

Im Fokus der diesjährigen, vom Institut für Experimentelle Physik initiierten ESTORM soll diskutiert werden, welches Potenzial die Speicherung elektrischer Energie im Zusammenhang mit erneuerbaren Energieträgern für die Zukunft besitzt. Experten aus dem In- und Ausland werden das Themenfeld der elektrochemischen Energiespeichermaterialien sowohl wissenschaftlich als auch wirtschaftlich beleuchten und Perspektiven diskutieren, wie die in traditionellen Branchen etablierten Technologien für den Wachstumsmarkt der elektrochemischen Speichermaterialien nutzbar gemacht werden können.

17.–19. Juni 2015**Freiberger Forschungsforum – 66. Berg- und Hüttenmännischer Tag**

Der BHT lädt mit interessanten Fachkolloquien zum Informationsaustausch zwischen Wissenschaft und Industrie ein. Abgerundet wird das Programm durch einen Plenarvortrag und einen Abendempfang.

21.–26. Juni 2015**26. Tagung der Societät der Bergbaukunde**

Die Societät der Bergbaukunde ist die älteste internationale Wissenschaftsvereinigung. Ihr gehören weltweit ca. 200 Bergbauprofessoren an, die sich in Freiberg zu ihrer jährlichen Arbeitstagung treffen. In Arbeitsgruppen werden u. a. Fragen der Ausbildung und Forschung sowie des Nachwuchses im internationalen Kontext behandelt. Gastgeber ist das Institut für Bergbau und Spezialtiefbau.

23.–26. Juni 2015**Jahrestagung des Internationalen Organisationskomitees des Weltbergbaukongresses**

Der kommende Weltbergbaukongress wird im Jahr 2016 in Rio de Janeiro (Brasilien) stattfinden. Das internationale Vorbereitungs Komitee trifft sich im Jubiläumsjahr in Freiberg, um den Kongress vorzubereiten.

5.–13. September 2015**17. Jahrestagung der International Association for Mathematical Geosciences**

2015 jährt sich zum 200. Mal die Veröffentlichung der ersten geologischen Karte durch William Smith. Dies

nimmt die Gesellschaft zum Anlass, die Entwicklung der geologischen Modellierung von papierenen Karten zu digitalen Geomodellen und Datenbanksystemen für multidimensionale Geodaten zu thematisieren. Gastgeber der Jahrestagung sind die Fakultäten für Mathematik und Informatik sowie für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg und das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF).

17.–18. September 2015**7. Jahrestagung der Gesellschaft für Universitätssammlungen**

Gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Universitätssammlungen und der TU Dresden wird die TU Bergakademie Freiberg die 7. Sammlungstagung der Gesellschaft im Jahr 2015 ausrichten. Der Nutzen historischer Sammlungen als Datengrundlage für aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen wird ein Schwerpunkt der Tagung sein. Ebenso werden praktische Fragen des Erhalts, der Erschließung, der Deponierung und der Präsentation von Sammlungen thematisiert.



Sammlungsschrank mit anorganisch-chemischen Präparaten in der Winkler-Sammlung

24.–25. September 2015**6. Freiberger Crashworkshop**

Der Workshop des Instituts für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung kombiniert Vorträge aus der Industrie und der Wissenschaft mit ausgewählten Präsentationen studentischer Abschlussarbeiten und behandelt anwendungsbezogene Crashfragestellungen sowie Grundlagenfragen der Werkstoff-

entwicklung und der Modellierung von Crashstrukturen. Thematisch wird das Crashverhalten von Kraft- und Schienenfahrzeugen und erstmalig auch von Bau- und Gewinnungsmaschinen betrachtet.



Versuch des Instituts für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung

24.–25. September 2015**Internationales Symposium Recent Trends in Fracture and Damage Mechanics**

Das Institut für Mechanik und Fluidodynamik möchte im Rahmen des Symposiums zur Diskussion zu aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Bruch- und Schädigungsmechanik anregen. Themenschwerpunkte sind u. a. die Beurteilung der Sicherheit rissbehafteter Bauteile mit numerischen Berechnungsmethoden und die Entwicklung moderner bruchmechanischer Prüfverfahren.

Im Zuge der Veranstaltung wird zudem Prof. Meinhard Kuna, Lehrstuhlinhaber der Professur für Festkörpermechanik, in den (aktiven) Ruhestand verabschiedet.

Oktober 2015**39. Clemens-Winkler-Kolloquium**

Die Fakultät für Chemie und Physik lädt hochkarätige Wissenschaftler zum Wissensaustausch zu aktueller Fachthematik ein. Im Jubiläumsjahr 2015 findet das Clemens-Winkler-Kolloquium vor dem besonderen Hintergrund des 111. Todestages des Namensgebers statt.

7.–10. Oktober 2015**Tagung Energie und Rohstoffe / 7. Bergbaukolloquium**

Zur gemeinsamen Veranstaltung des 7. Bergbaukolloquiums und der Tagung Energie und Rohstoffe werden Spitzenvertreter des deutschen Bergbaus aus Unternehmen, Behörden, Ministerien und Hochschulen erwartet. Nach dem gemeinsamen Eröffnungstag folgen parallel fachliche Kolloquien zu Fragen des Bergbaus und des Markscheidewesens. Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel wurde zur Schirmherrschaft angefragt. Die Veranstaltung wird von der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau initiiert.

29.–30. Oktober 2015

25. Ledebur-Kolloquium

Das Gießerei-Institut und der Vorstand der Fachschaft der Freiburger Gießerei e. V. laden Absolventen und Fachkollegen zum 25. Ledebur-Kolloquium nach Freiberg ein. Die Veranstaltung ist ein etablierter Treffpunkt zum Erfahrungsaustausch in der Gießereibranche. Ein Höhepunkt ist die Verleihung der Ehrengießereiwürde für besondere fachliche Verdienste und die enge Verbundenheit zum Freiburger Gießerei-Institut.

November 2015

4. Weltforum der Ressourcenuniversitäten für Nachhaltigkeit mit Internationaler Konferenz der Studierenden

(angefragt: Akita University, Japan)

Das im Jahr 2012 von der TU Bergakademie Freiberg und der Nationalen Universität für mineralische Ressourcen »Gorny« St. Petersburg gegründete Weltforum zählt mittlerweile 100 Mitglieder, die gemeinsam daran arbeiten, in Forschung und Entwicklung ein nachhaltiges Denken zu etablieren.

28.–29. November 2015

Rundgespräch Strömungsmechanik 2015

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft lädt im Jubiläumsjahr zu ihrem jährlichen Rundgespräch über Strömungsmechanik nach Freiberg ein. Koordiniert wird der Austausch deutschsprachiger Experten über die neuesten Entwicklungen im Themenbereich der Strömungsmechanik vom Institut für Mechanik und Fluidodynamik, insbesondere vom Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen.

Buchpublikationen zum Fest

Zur Würdigung des 250. Gründungsjubiläums werden insgesamt sechs Bücher erscheinen, die Aspekte der Geschichte und Gegenwart der Bergakademie behandeln. Diese Werke werden in Lesungen und Diskussionsrunden im Jahr 2015 vorgestellt. Im Folgenden sollen für Sie, liebe Leser, die Inhalte der einzelnen Publikationen skizziert sein.

Den Reigen von vier geplanten Publikationen zur Geschichte im Kleinformat 17×24 cm eröffnet das bereits im Dezember 2014 erscheinende Buch zur Freiburger Eisenhüttenkunde, herausgegeben vom Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e. V. im Verlag der TU Bergakademie Freiberg.

Die Freiburger Eisenhüttenkunde

Die Freiburger Eisenhüttenkunde. Ein historischer Abriss mit biografischen Skizzen. 288 S. mit s/w Abbildungen

ISBN 978-3-86012-491-8
Erscheinen: Dezember 2014



Der Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e. V. würdigt mit diesem Band die Jahrzehnte währende erfolgreiche Forschungs- und Lehrtätigkeit unter besonderer Berücksichtigung der persönlichen Leistungen der Direktoren des Eisenhütteninstituts von 1874 bis 1967.

Der Entstehungsweg der Eisenhüttenkunde in Freiberg ist eng mit der Geschichte der Bergakademie verknüpft; erste Ansätze der Lehre auf eisenhüttenkundlichem Gebiet reichen bis in die Gründungszeit der 250-jährigen Lehr- und Forschungseinrichtung zurück. Spätestens mit der Institutionalisierung der Wissenschaft durch die Gründung des eisenhüttenkundlichen Instituts im Jahr 1874 erfolgte schließlich ihre Aufnahme in den Kanon der Lehr- und Forschungsgebiete der Freiburger Akademie, verbunden mit dem Wirken namhafter Wissenschaftler. Der Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e. V. publiziert mit dem vorliegenden Band eine umfangreiche Darstellung der

Geschichte der Eisenhüttenkunde an der Freiburger Bergakademie. Eingebettet in die ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung wird einführend ein Überblick von der ersten Unterrichtung auf eisenhüttenkundlichem Gebiet 1789 bis in die Anfangsjahre unseres Jahrhunderts gegeben. Die im ersten Teil des Bandes versammelten Beiträge zeichnen die wechselvolle Genese von Lehre und Forschung, eingebettet in die ökonomischen Potenzen der jeweiligen Machthaber und beeinflusst von der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung der Stahlindustrie.

Vor dem Hintergrund dieses Werdegangs werden im zweiten Teil des Bandes Biografien der Direktoren des Eisenhütteninstituts von seiner Gründung 1874 bis zum Jahr 1967 skizziert. Mit den Viten der Professoren Adolf Ledebur, Johannes Galli, Eduard Maurer, Ernst Diepschlag, Wolfgang Küntscher und Karl-Friedrich Lüdemann wird nicht allein die chronografische Abfolge der Besetzung des Lehrstuhls über fast einhundert Jahre erlebbar. Vielmehr ließen einige Autoren – denen es noch vergönnt war, den jeweils Porträtierten als Lehrer oder Vorgesetzten zu erleben – ein von persönlichen Erinnerungen geprägtes Bild entstehen.

Bernd Lychatz und Ralf-Peter Bösler vom Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e. V. gelang es als Herausgebern, vor allem ehemalige und aktive Mitglieder des Eisenhütteninstituts bzw. seines Nachfolgers, des heutigen Instituts für Eisen- und Stahltechnologie, als Autoren zu gewinnen.

In akribischer Archivarbeit erschlossen sie Dokumente zu Lebensläufen, die zum Teil Unbekanntes zur Person mitteilen und helfen, Sprünge in der jeweiligen Biografie zu erklären bzw. das Verhalten in privaten wie gesellschaftlichen Umbruchssituationen zu verdeutlichen. Ein besonderer Wert der biografischen Skizzen liegt dabei in der Fülle der ausgewerteten Dokumente sowie im offenen und authentischen Umgang mit eigenen Erinnerungen und neuen Erkenntnissen. Sie lassen persönliche Fehler wie Schwächen nicht aus und legen damit Zeugnis vom hohen Respekt für die Porträtierten ab, die in einigen Fällen Mentoren der Autoren waren.

Mit der Herausgabe des Buches »Die Freiburger Eisenhüttenkunde. Ein historischer Abriss mit biografischen Skizzen« im Dezember 2014 fährt der Eisen- und Stahltechnologie Freiberg e. V. in seiner Tradition fort, die Geschichte des Eisenhütteninstituts an der TU Bergakademie Freiberg lebendig zu halten, wie er es bereits mit der Herausgabe der Festschrift zum 125-jährigen Bestehen des Instituts für Eisen- und Stahltechnologie getan hat.

■ Bernd Lychatz

Eine der für das Jubiläumsjahr geplanten Schriften ist der unter der Ägide des Universitätsarchivs derzeit mit einem immensen Arbeitsaufwand entstehende Band zu den Professoren und Lehrern in der Geschichte der Bergakademie, der im Verlag der TU Bergakademie Freiberg erscheint. Verfügbar wird der Band im Format 17 × 24 cm mit einem Umfang von ca. 550 Seiten im Sommer 2015 sein.

Catalogus Professorum Fribergensis

Auf der Grundlage der im Archiv bereits seit langem begonnenen systematischen Erfassung wichtiger biografischer Daten bzw. der entsprechenden Quellen und Literatur über die an der Bergakademie beschäftigten Lehrkräfte (ordentliche Professoren, apl. Professoren, statusadäquate Lehrkräfte der Anfangszeit – beispielsweise Abraham Gottlob Werner) sollen im Catalogus Professorum Fribergensis (nachfolgend CPF) nun deren Leistungen für Lehre und Forschung geschichtswissenschaftlich gewürdigt werden. Dazu wird der Katalog nicht nur die wichtigsten Angaben zum wissenschaftlich bzw. beruflichen Werdegang des Darzustellenden enthalten, sondern auch weitere Informationen zum Lebenswerk liefern. Der CPF ist nach historischen Zäsuren gegliedert. Für deren Festlegung waren einerseits die geschichtswissenschaftlich anerkannten Periodisierungsmodelle zu berücksichtigen, andererseits aber auch die spezifischen Einschnitte in die Geschichte der TU Bergakademie Freiberg, die sich beispielsweise aus der Tatsache ergaben, dass sie in den ersten 100 Jahren ihrer Existenz als montanwissenschaftliche Bildungseinrichtung immanenter Bestandteil des sächsischen Oberbergamtes war. Den einzelnen Perioden vorangestellt wird eine Übersicht über die in den drei markanten Wissenschaftsgebieten tätigen Lehrkräfte der Bergakademie: erstens Professoren der Mathematik und Naturwissenschaften, zweitens der Ingenieurwissenschaften und drittens der Geistes-, Sozial-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften. Innerhalb der gewählten Zeitabschnitte erfolgt die Reihung der jeweiligen Biografien streng chronologisch nach dem Berufungs- bzw. Ernennungsjahr. Die im CPF enthaltenen Informationen stammen vorrangig aus dem Fundus des Universitätsarchivs, sind aber auch Ergebnis umfangreicher Recherchen in Quellen Dritter – so aus Datenermittlungen in anderen Universitätsarchiven, Regional- und Stadtarchiven oder Friedhofsverwaltungen.

Um von Beginn an Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden, wurde die Arbeit unter strikter Wahrung datenschutzrechtlicher Bestimmungen durchgeführt. Aus diesem Grund ist der Katalog zweigeteilt, was sich auch optisch erkennen lässt. Zum einen geht es um Personen, die zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses vor über zehn Jahren verstorben sind (für diese sind die Schutzfristen gem. § 10 Abs. 1 des SächsArchivG beendet, somit die Nutzung auch der personenbezogenen Archivunterlagen freigegeben). Über die meisten dieser Professoren verfasst der Historiker Hartmut Schleiff, der für dieses Projekt gewonnen werden konnte, auf der Basis der vom Archivmitarbeiter Roland Volkmer aus den unterschiedlichsten Quellen erstellten biografischen Angaben, Lebensläufe, die inhaltlich und stilistisch über das, was man allgemein in datenbankgenerierten Sammelbiografien lesen kann, hinausgehen. Bei der zweiten Personengruppe handelt es sich um diejenigen Professoren, für die diese Schutzfrist noch nicht abgelaufen ist – in der Mehrzahl also noch lebende Professoren. An Letztere – insgesamt 280 ehemalige sowie noch lehrende Professoren – wurde ein per-

sönlicher Brief des Rektors mit einem Fragebogen sowie einer Einwilligungserklärung zur Nutzung der personenbezogenen Daten gesandt. Die auf freiwilliger Basis in den formalisierten Fragebögen gemachten Angaben der Professoren über ihre Lebens- und Wirkungsdaten bilden die Grundlage für die durch Hartmut Schleiff und die Archivmitarbeiter zu erstellenden tabelleartigen Kurzbiografien und stellen damit inhaltlich unredigierte Selbstzeugnisse der Professoren der Bergakademie dar.

Für die wenigen Fälle, in denen eine Mitarbeit am CPF nicht eingeworben werden konnte bzw. die Datenveröffentlichung mit Auflagen verbunden werden sollte, wird unter strikter Beachtung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen jeweils nur ein biografischer Kurzeintrag erstellt, der lediglich den Namen des Professors, die innegehabte Professur sowie den Wirkungszeitraum an der Bergakademie umfassen wird.

Unerwähnt bleiben darf nicht, dass für die Koordination des Projekts CPF, die Druckvorbereitung und vor allem die Einholung der Fragebögen der vielen »Säumigen« Professor Bast verantwortlich zeichnet. Ihm vor allem ist dafür zu danken, dass am Ende nur ca. 15 Fragebögen der noch lebenden Professoren unausgefüllt blieben.

■ Herbert Kaden

Die Geschichte in Geschichten – Altrector Dietrich Stoyan legt zum 250. Jubiläum der TU Bergakademie einen Sammelband mit 31 Aufsätzen vor. Der Band im Format 17 × 24 cm mit einem Umfang von ca. 480 Seiten mit durchgehend farbigen Abbildungen erscheint im Mitteldeutschen Verlag voraussichtlich in der ersten Jahreshälfte 2015.

Bergakademische Geschichten

Bedeutende Persönlichkeiten, große wissenschaftliche Leistungen und spannende Ereignisse – Geschichten hat die Bergakademie Freiberg seit 1765 reichlich zu bieten. Das von Dietrich Stoyan herausgegebene Buch berichtet darüber auf etwa 480 Seiten in populärwissenschaftlicher Manier. Manches wird erstmalig erzählt, anderes unter neuem Blickwinkel dargestellt – bildend und unterhaltend. Die Autoren sind oder waren Mitarbeiter der Bergakademie, doch auch prominente Freunde der Universität kommen zu Wort.

Das Buch beginnt mit dem Stipendiengelderfonds, mit dessen Geldbeiträgen eine fundierte Fachausbildung für Silberbrenner, Marscheider etc. beginnen konnte, und dem Wirken Prinz Xavers. Dann wird der Großen der Anfangsjahre gedacht: Werner, Humboldt, Novalis, Körner und Lampadius. Die Entdeckung des Indiums und des Germaniums wird gebührend beleuchtet, vertieft durch einen Beitrag, der den Bogen ins Heute spannt – zur Halbleiterforschung und -industrie in Freiberg. Fünf bedeutende Eisenhüttenleute werden ebenso gewürdigt wie die großen Geologen des 19. Jahrhunderts.

Als bedeutende Wissenschaftler des 20. Jahrhunderts erhalten der Mitschöpfer der Bodenmechanik, Franz Kögler, und der Kohleforscher Erich Rammler angemessenen Raum. Von letzterem wird einiges berichtet, was so noch nirgends zu lesen war. Zwei spannende universitäre Prozesse sind die so genannte Februarrevolution von 1970, die zum Sturz des damaligen Rektors führte, sowie die Entstehung und Entwicklung des Interdisziplinären Ökologischen Zentrums (IÖZ). Ereignisse der »Wende«zeit haben ebenso ihren Platz bekommen wie unterschiedliche Sichten auf die Freiburger Wirtschaftswissenschaft-

ten — jenen Bereich, in dem es nach der Wiedervereinigung Deutschlands die größten Veränderungen gab. Über eine der aktuellen und sehr erfolgreichen Entwicklungen an unserer Universität, das Stiftungswesen, berichtet ein weiterer Aufsatz.

Das Buch wird durch kleinere Geschichten gewürzt, beispielsweise über einen Peitschenknall-Vorfall, den Karzer, das Finanzgebaren der Bergakademie unmittelbar nach der Währungsreform sowie die mathematische Leistung eines der Gründer der Bergakademie.

Der Band ist ansprechend gestaltet und wird durch seinen unterhaltsamen Stil die Buchreihe, die anlässlich des 250. Universitätsjubiläums herausgegeben wird, angenehm ergänzen. An diesem Band, der im März 2015 erscheinen soll, wirkte neben Dietrich Stoyan noch ein Beratergremium mit.

Der letzte Band in unserer kleinen Reihe zur Geschichte wird von Professor Helmuth Albrecht im Mitteldeutschen Verlag herausgegeben und soll spätestens im 2. Halbjahr 2015 vorliegen. Geplant ist ein Umfang von etwa 300 Seiten.

Die Bergakademie 250 Jahre Alma Mater Freibergensis

Die TU Bergakademie Freiberg stellt im Kontext des deutschen Hochschulwesens sicherlich einen Sonderfall dar. Als älteste bestehende montanwissenschaftliche Hochschule der Welt hat sie im Verlauf ihrer nunmehr 250-jährigen Geschichte seit 1765 eine bewegte und in mancher Hinsicht einmalige Entwicklung von einer dem sächsischen Oberbergamt unterstellten Ausbildungseinrichtungen zu einer der profiliertesten technischen Universitäten der Gegenwart durchlaufen. Entstanden aus der Krise nach der Katastrophe des Siebenjährigen Krieges und dem Willen zur Reform des sächsischen Staatswesens entstand die Bergakademie als ein weltweit kopierter Prototyp einer Speziallehranstalt und entwickelte sich in Konkurrenz zu den neu entstehenden Polytechnischen und Technischen Hochschulen des 19. Jahrhunderts zu einer technischen Spezialhochschule, die im Verlauf des 20. Jahrhunderts sich trotz Krisen und Kriegen behauptete, um schließlich nach der deutschen Wiedervereinigung als Technische Universität 1993 als weit über die Grenzen Sachsens hinaus national und international orientierte Ressourcen-Universität ihren Platz im deutschen Hochschulwesen zu finden.

Die Entwicklung der Bergakademie Freiberg vollzog sich über 250 Jahre im Spannungsfeld von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft in Sachsen, Deutschland, Europa und der Welt. Die Facetten dieser Entwicklung aufzuzeigen ist das Ziel einer Gesamtdarstellung der Geschichte der Bergakademie Freiberg zwischen dem Ancien Regime des 18. Jahrhunderts und dem Zeitalter der Globalisierung zu Beginn des 21. Jahrhunderts, die nicht einer bloßen chronologischen Darstellung der Ereignisse folgt, sondern sich an den grundlegenden Aspekten und Perspektiven dieser Entwicklung orientiert. Aus den verschiedensten Blickwinkeln entsteht so ein facettenreiches Bild der komplexen historischen Entwicklung einer Lehr- und Forschungseinrichtung auf dem langen und steinigen Weg zwischen Tradition und Zukunft.

■ Helmuth Albrecht

Im zweiten Halbjahr 2015 präsentiert Professor Ulrich Groß einen großformatigen Sammelband zum aktuellen Forschungsgeschehen an der TU Bergakademie (Verlag Freie Presse, 24 × 31 cm, ca. 400 S.)

Glanzlichter der Forschung

Mit diesem Werk soll der Blick auf die Forschung an der TU Bergakademie Freiberg gerichtet werden, so wie sie sich 250 Jahre nach ihrer Gründung darstellt. In der Öffentlichkeit wird »die Bergakademie« oftmals nur als »Bergbauschule« wahrgenommen. Dass sie sich heute außer mit den bergbaunahen Disziplinen auch mit ganz anderen Gebieten beschäftigt, ist weithin unbekannt. Die Forschung ist deshalb nun in ihrer ganzen Breite vorzustellen, wobei alle Fakultäten und Disziplinen exemplarisch vertreten sein werden. Deutlich sichtbar zeichnet sich die Kontur der Ressourcenuniversität mit den bekannten vier Profillinien Geo, Material, Energie und Umwelt und entsprechenden Forschungsaktivitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette ab. Alle Fakultäten tragen dazu entsprechend ihrer Größe und Eigenart bei: Mathematik/Informatik mit grundlegenden Fragestellungen, beispielsweise zur Daten- und Bildverarbeitung; Physik/Chemie/Biologie mit Grundlagenarbeiten zu eher analytischen und materialwissenschaftlichen Fragen; Geowissenschaften/Geotechnik/Bergbau mit Analysen in der gesamten Geosphäre, andererseits aber auch mit handfesten Ingenieurleistungen; Maschinenbau/Verfahrens-/Energietechnik mit ausgewählten Technologie- und Anlagenentwicklungen; Werkstoffwissenschaften/Werkstofftechnologie mit neuen Verfahren zur Herstellung, Belastungsanalyse und Optimierung von Materialien; die Wirtschaftswissenschaften mit Fragen der ökonomischen und historischen Bewertung der Gewinnung und Nutzung von natürlichen Ressourcen. An den Einzelbeiträgen wird deutlich, dass sich die Bergakademie als eine moderne TU mit natur-, technik-, und wirtschaftswissenschaftlichen Fragestellungen abseits des Bildes einer »Bergbauschule« auseinandersetzt und Lösungen für vielerlei Probleme erarbeitet, beispielsweise im Bereich der Roboter-Technik, des Commodity-Marketings oder des Crashverhaltens von Fahrzeugen.

■ Ulrich Groß

Eine umfangreiche Darstellung der Schätze der bergakademischen Sammlungen, herausgegeben von Dr. Jörg Zaun, rundet die Reihe der geplanten Jubiläumsbuchpublikationen optisch opulent ab. (Verlag Freie Presse, 24 × 31 cm 200 S., Erscheinen ca. März 2015)

Schätze der Bergakademie

Bescheiden fing es vor 250 Jahren an: Die Bergakademie verfügte über einen Raum für ein Stufenkabinett und einen Raum für die Bibliothek, worin auch Karten und Risse sowie eine kleine Sammlung von Bergbaumodellen verwahrt wurden. Im Laufe der Zeit stiegen die Zahl und der Umfang der Sammlungen ständig, so dass die TU Bergakademie Freiberg heute über einen reichhaltigen Fundus verfügt. Sammlungen waren und sind unverzichtbare Infrastruktur für Forschung und Lehre, materielles Archiv als Quelle für Identität und Inspiration. Zum Jubiläum wollen wir aus diesem Schatz der Universität 20 Sammlungen mit ihren Objekten in einem reich bebilderten Band einer breiteren Öffentlichkeit vorstellen.

■ Jörg Zaun



Prof. em. Dr.-Ing. Alfred Neumann im 97. Lebensjahr verstorben

Nach einem langen und erfüllten Leben ist Prof. Dr.-Ing. Alfred Neumann, emeritierter Professor für Ökonomie, Organisation und Planung im Bergbau und für Sozialistische Wirtschaftsführung an der Bergakademie Freiberg, am 23. Februar 2014 verstorben.

Alfred Neumann wurde am 5. Juli 1917 in Großbräschen geboren. Nach Abschluss der allgemeinen Schulbildung absolvierte er von 1933 bis 1937 bei der AG Braunkohlenwerke und Brikettfabriken Eintracht in Welzow eine bergmännische Berufsausbildung zum Bergbauehilfen. Den 2. Weltkrieg überlebte Alfred Neumann mit einer schweren Verwundung, und er bekam die Möglichkeit zum Studium (1946 bis 1950) an der Bergakademie Freiberg in der Fachrichtung Bergbau. Nach dem Studium hatte der Dipl.-Bergingenieur Alfred Neumann in

verantwortlichen Funktionen, beispielsweise als Betriebsingenieur, als Leiter der Hauptverwaltung Kohle im Ministerium für Schwerindustrie und als langjähriger Werkdirektor des VEB BKW Einheit Bitterfeld Anteil am Wiederaufbau der Energiewirtschaft in Ostdeutschland. Er erwarb sich besondere Verdienste bei der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung der Braunkohlenindustrie, speziell im Revier Mitteldeutschland. Seine Befähigung auch zur wissenschaftlichen Arbeit zeigen seine Analysen zur Wirtschaftlichkeit verschiedener Bagertypen im Braunkohlenbergbau, mit deren er – trotz der Belastungen als verantwortlicher Leiter – 1964 erfolgreich promovierte. Eine logische Konsequenz des Werdegangs, der Fähigkeiten und der Verdienste von Alfred Neumann war es, dass er 1963 zum Nachfolger des unerwartet verstorbenen Prof. Dr.-Ing. Günther Hollweg auf den Lehrstuhl für Organisation und Planung des Braunkohlenbergbaus und zum Direktor des Instituts für Ökonomie, Organisation und Planung des Bergbaus an die Bergakademie Freiberg berufen wurde.

Als Leiter der Fachrichtung Ingenieurökonomie des Bergbaus führte er die Hollwegschen Visionen einer theoretisch anspruchsvollen und zugleich praxisorientierten Lehre und Forschung an der Nahtstelle von Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften fort.

1967 erfolgte seine Umberufung zum Professor für Sozialistische Wirtschaftsführung und zum Direktor des neu gegründeten gleichnamigen Instituts an der Bergakademie Freiberg. Von 1971 bis zu seiner Emeritierung 1982 leitete Alfred Neumann das Industrieinstitut an der Bergakademie Freiberg. Auch in dieser Schaffensphase war seine Tätigkeit dem Bergbau und den Bergbauwissenschaften zugewandt.

Alfred Neumann war seit 1965 Mitglied des Forschungsrats der DDR und seit 1976 Leiter der Arbeitsgruppe Energie des Forschungsrats. Internationale Anerkennung fand seine Arbeit als Beauftragter der DDR und Mitglied im Organisationskomitee für die Weltbergbaukongresse.

Professor Neumann war es vergönnt, bis in die letzten Tage seines langen und erfüllten Lebens die gesellschaftlichen Ereignisse nicht nur bewusst zu verfolgen, sondern auch aktiv daran teilzunehmen. Besonders verbunden war er über seine Emeritierung hinaus seiner Bergakademie Freiberg und ihrem Verein der Freunde und Förderer, dessen Mitglied er seit Neugründung 1990 war. Trotz seines bereits hohen Alters und des langen Weges von seinem letzten Wohnort Schöneiche bei Berlin nach Freiberg nahm er bis zuletzt an den Jahreshauptversammlungen des Vereins regelmäßig teil. Noch wenige Wochen vor seinem Tod konnten wir Alfred Neumann bei guter Gesundheit als Teilnehmer eines Kolloquiums in Freiberg begrüßen. Auch an einer seiner früheren Wirkungsstätten, dem Mitteldeutschen Braunkohlenrevier, war er als Ehrenmitglied des Traditionsvereins Bitterfelder Bergleute e. V. bis zuletzt aktiv.

So unterschiedlich unsere Erinnerungen auch sein mögen, abhängig davon in welcher persönlichen Beziehung wir zu Alfred Neumann als Hochschullehrer, Doktorvater, Kollege, Mitarbeiter, Freund oder verdienter Bergmann standen: Eines haben wohl alle unsere Erinnerungen gemeinsam; sie gelten einem allseits geachteten, verehrten und lieben Menschen. Die TU Bergakademie Freiberg verliert mit Prof. Dr.-Ing. Alfred Neumann einen ihrer verdienstvollen Repräsentanten.

■ Dieter Slaby, Peter Hauk

Nachruf für Prof. Dr. sc. techn. Werner Heeg

Am 15. Juli 2013 ist Professor Werner Heeg, der Gründer und langjährige Leiter der Arbeitsgruppe Geoströmungstechnik des Instituts für Bohrtechnik und Fluidbergbau, in Kreischa verstorben.

Werner Heeg wurde am 4. August

1934 in Geyer/Erzgebirge geboren. In seiner Familie gehörte eine akademische Ausbildung nicht zur Tradition; so erlernte er wie der Vater den Beruf eines Maschinenschlossers. Er war ein begeisterter Segelflieger und begann nach dem Abitur, das er an der ABF Leipzig 1954 ablegte, das Studium »Aerodynamik« an der TH Dresden. Noch während seines Studiums wurde der Flugzeugbau in der DDR eingestellt, so dass er sich beruflich neu orientieren musste. In diesem Zusammenhang wurde er zum 1. Juli 1961

an die Bergakademie vermittelt. Zur Einarbeitung in das neue Fachgebiet »Reservoirmechanik« (Geoströmungstechnik, Strömung in porösen Stoffen) entsandte man ihn sofort zu einem einjährigen Studienaufenthalt zu Prof. Christea an das Forschungsinstitut für Erdöl in Cempina/Rumänien.

Nach seiner Rückkehr begann er unter Leitung des neu berufenen Institutsdirektors, Prof. Werner Arnold, mit dem Aufbau eines strömungsmechanischen Labors und der Ausarbeitung erster Vor-

lesungen im neuen Fach Reservoirmechanik. Der Autor hörte als damaliger Student diese Vorlesungen, die ein hohes mathematisch-naturwissenschaftliches Niveau besaßen. Da Heeg die höhere Mathematik der partiellen Differenzialgleichungen selbst nicht leichtfiel, konnte er die Schwierigkeiten, die die Studenten mit dem Stoff hatten nachempfinden. In jedem Studentenjahrgang gab es aber immer einige Studierende, denen er seine Begeisterung für die Theorie weitergeben und sie für sein Fach begeistern konnte, so u. a. die heutigen Professoren und/oder Doktoren H.-J. Kretzschmar, J. Jesse, W. Hauenherm, H. D. Voigt, R. M. Wagner, M. Neumann und den Autor.

Schon im Jahr 1962 begann Werner Heeg ein Mathematik-Fernstudium an der Bergakademie, das er 1967 erfolgreich abschloss. Vorher hatte er bereits mit einem Thema zur Theorie der instationären Strömung in porösen Stoffen promoviert. Im Jahr 1967 wurde er zum Dozenten für das Fachgebiet Reservoirmechanik ernannt. Nach seiner zweiten Promotion (Dr. sc. techn.) im Jahre 1973 mit einem Thema der numerischen Modellierung von Strömungsprozessen in porösen Medien wurde er 1984 zum außerordentlichen Professor an der Bergakademie ernannt.

Werner Heeg entwickelte seit Beginn seiner Tätigkeit am Institut das Lehrgebäude der Geoströmungstechnik immer weiter, zunächst alleine, später mit Unterstützung der wissenschaftlichen

Mitarbeiter A. Pohl, V. Müller, F. Häfner und anderer. Er engagierte sich in zahlreichen Arbeitsgruppen der Erdöl- und Erdgasindustrie, u. a. als wissenschaftlicher Leiter des Wasserflutungsprojekts Reinkenhagen (1965/67), als Bearbeiter der Projektierung Entwässerung im VEB Braunkohlenwerk Großräschen, als Mitglied der Staatlichen Vorratskommission der DDR und als Gutachter für die Atomenergiekommission der DDR und die Internationale Atomenergiekommission. Zudem hatte er mehrere Jahre das Amt des stellvertretenden Direktors für Forschung der Sektion Geotechnik und Bergbau inne.

Die Verdienste von Werner Heeg um die Forschung seines Fachgebietes sind unzweifelhaft hoch, insbesondere durch den Aufbau des geoströmungstechnischen Laboratoriums, durch den Aufbau des Lehrgebiets und die Einführung und stete Weiterentwicklung der modernen numerischen Simulationstechnik in das Fachgebiet. Unter seiner Leitung entwickelte V. Müller 1972 das erste numerische Simulationsprogramm für die Strömung in porösen Stoffen. Danach schlossen sich mehrere Programmentwicklungen für die direkte und die inverse Aufgabe der Strömungsmechanik an, die er mit anderen Mitarbeitern am Institut und den Rechenzentren des DBI Freiberg und des Instituts für Energetik Leipzig unablässig weiter vervollkommnete. Sein Fleiß und sein manchmal bis zur körperlichen Erschöpfung getriebene Ar-

beitseifer sind all seinen Studenten und Mitarbeitern in Erinnerung und waren für sie oftmals Ansporn und Verpflichtung zu ähnlichem Fleiß. Ohne Zweifel hätte sich das Fachgebiet Geoströmungstechnik ohne die zähe, ununterbrochene und erfolgreiche wissenschaftliche Arbeit von Werner Heeg nicht zu einem der drei Eckpfeiler in der akademischen Ausbildung am Institut entwickeln können.

Werner Heeg war ein idealistisch überzeugter Anhänger der kommunistischen Weltanschauung; deshalb trat er auch bereits in jungen Jahren der SED bei und engagierte sich in dieser Partei, u. a. als Sekretär der Sektionsparteiorganisation. Das gab oftmals Anlass zu politischen Diskussionen mit Andersdenkenden, in denen aber von allen seine von der Sache überzeugte Gesinnung anerkannt wurde. Der Zusammenbruch der DDR hat ihn tief getroffen.

Im Jahr 1992 ging Werner Heeg auf eigenen Wunsch in den Vorruhestand. Wir wissen, dass er auch im Ruhestand noch wissenschaftlich tätig war und an der Idee des Einsatzes der erweiterten Differenzialgleichungen zur exakteren numerischen Lösung partieller Differenzialgleichungen arbeitete.

Seine ehemaligen Kollegen, Studenten und Mitarbeiter werden seinen unermüdlichen Fleiß, sein Engagement für das Fach Geoströmungstechnik und seine ganze Persönlichkeit in Erinnerung behalten.

■ Frieder Häfner

Wir trauern um unsere Vereinsmitglieder

Dieter Ebert, Brand-Erbisdorf

* 31. Oktober 1936, † 8. September 2013

Dipl.-Ing. **Otto Katzmann**, Nordhausen

* 2. August 1923, † 26. November 2013

Markscheider Dipl.-Ing. **Hans-Joachim Marx**, Freiberg

* 29. September 1928, † 30. November 2013

Dr.-Ing. **Manfred Hampel**, Bochum

* 19. Juni 1930, † November 2013

Prof. Dr. sc. oec. **Hans-Georg Trost**, Zittau

* 3. Februar 1940, † 12. Dezember 2013

Prof. em. Dr.-Ing. **Alfred Neumann**, Schöneiche

* 5. Juli 1917, † 23. Februar 2014

Prof. Dr. rer. nat. **Christoph J. Raub**, Schwäbisch Gmünd

* 6. Juni 1932, † Februar 2014

Dipl.-Ing. **Jürgen Gärtner**, Radebeul

* 3. Dezember 1921, † 3. März 2014

Prof. Dr. **Sepp Unterricker**, Oberschöna

* 14. April 1941, † 31. Mai 2014

Dr.-Ing. **Fritz Baunack**, Bad Hersfeld

* 6. Januar 1921, † 12. Juni 2014

Prof. Dr.-Ing. **Friedhelm Heinrich**, Freiberg

* 30. April 1939, † 7. September 2014

Dipl.-Ing. **Dieter Klose**, Nordhausen

* 9. Mai 1942, † 14. September 2014

Dr.-Ing. **Dieter Melzer**, Freiberg

* 4. April 1939, † Oktober 2014



Nachruf zum Tod von Prof. Dr. Friedhelm Heinrich

Am 7. September 2014 verstarb in Freiberg Prof. Dr.-Ing. Friedhelm Heinrich, Professor für Gebirgs- und Felsmechanik/Felsbau im Ruhestand, nach schwerer Krankheit.

Friedhelm Heinrich wurde am 30. April 1939 in Hinternah/Thüringer Wald geboren. Nach dem Abschluss von Grund- und Oberschule in Hinternah bzw. Schleusingen studierte er von 1957 bis 1962 Physik an der damaligen TH Dresden. Er fand seine erste Anstellung von 1962 bis 1966 als wissenschaftlicher Assistent an der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Arbeitsstelle für Geomechanik in Freiberg. Bereits zu

jener Zeit konnte er auf den für seinen späteren beruflichen Werdegang sehr wesentlichen Arbeitsgebieten der geomechanischen Messtechnik, der Gesteinsmechanik und analytischen Fels- und Gebirgsmechanik erfolgreich tätig werden.

Seit 1966 gehörte er zunächst zum Institut für Bergbau und Geomechanik und danach, bis 1991, dem Wissenschaftsbereich Geomechanik an der Bergakademie Freiberg als wissenschaftlicher Mitarbeiter an. In diesen 25 Jahren hat er nicht nur mit den fachlich weit über die Grenzen Freibergs hinaus bekannten Professoren Gimm, Rotter und Döring in Fragen der Lehre und Forschung eng zusammengearbeitet, sondern auch eigene Lehraufträge auf den Gebieten der theoretischen Geomechanik, der analytischen Fels- und Gebirgsmechanik sowie der numerischen Verfahren in der Geomechanik wahrgenommen.

Schwerpunkt seiner Forschung in dieser Zeit war die Lösung gebirgsmechanischer Probleme beim Abbau von Erz- und Spatlagerstätten mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente. Mit einer Dissertation über dieses Forschungsthema promovierte er im Jahr 1978. In den 80er-Jahren hat Dr.-Ing. Heinrich mit bemerkenswerter Kreativität den umfangreichen Forschungskomplex zum Thema Geomechanik-Carnallitlösung bearbeitet. Die dabei erzielten Ergebnisse haben einen wesentlichen Anteil an der praktischen Einführung dieses Gewinnungsverfahrens ausgemacht.

Nach der Gründung des Instituts für Geotechnik 1991 und der Neuausschrei-

bung aller Professuren bewarb sich Dr.-Ing. Heinrich erfolgreich um die Professur für Gebirgs- und Felsmechanik/Felsbau. Ab April 1993 bis 2006 wirkte er erfolgreich auf diesem Fachgebiet.

Außer für die Einführung von numerischen Berechnungsmethoden in der Lehre setzte er sich insbesondere für die Modernisierung des experimentellen Bereichs ein und war damit einer der Wegbereiter des heutigen gesteinsmechanischen Labors. Darüber hinaus war er erfolgreich als Prodekan bzw. Studiendekan in der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau tätig.

Auch in seinem Ruhestand hat er noch intensiv am Leben des Lehrstuhls teilgenommen. Er war Mitglied in Promotionskommissionen und hat Doktoranden mit Ratschlägen zur Seite gestanden. Seine gesellige und witzig-intelligente Art hat unsere lehrstuhlinternen Feierlichkeiten immer bereichert.

Beruflich war er über mehr als 30 Jahre an der Ausbildung von Geotechnikern beteiligt und hat sich bis zuletzt mit großem Engagement für den Erhalt von Institut und Fachrichtung Geotechnik sowie des traditionellen Geomechanik-Kolloquiums eingesetzt.

Seine früheren Arbeitskollegen und Freunde sowie die Professoren und Mitarbeiter des Instituts für Geotechnik an der TU Bergakademie Freiberg werden ihn als hervorragenden Wissenschaftler, aber insbesondere auch als einen liebenswürdigen Menschen in Erinnerung behalten.

■ Heinz Konietzky

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.

Vorsitzender: Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht
Geschäftsführer und Stellvertretender

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@zuv.tu-freiberg.de
Internet: <http://tu-freiberg.de/vereine/vff/index.html>

Jahresbeitrag: 30 EUR Einzelmitglieder; 250 EUR juristische Mitglieder

Für Nichtmitglieder: 10,00 EUR pro Heft (kostenlos für Vereinsmitglieder)

Redaktionsleitung: Prof. Dr. Gerhard Roewer
Redaktionskollegium: Prof. Dr. Helmuth Albrecht, Dipl.-Journ. Christel-Maria Höppner, Dr.-Ing. Klaus Irmer, Dr. Herbert Kaden, Dipl.-Slaw. Birgit Seidel, Prof. Dr. Peter Seidelmann

Gestaltung/Satz: Brita Gelius
Druck: VDD AG, Großschirma
Auflage: 2.500

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 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., 2014
ISSN 2193-309X