



ACAMONTA

Zeitschrift für Freunde und Förderer der
Technischen Universität Bergakademie Freiberg

30. Jahrgang 2023



ACAMONTA

Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg

30. Jahrgang 2023



Liebe Mitglieder
liebe Leserinnen und Leser,

nachdem der TU Bergakademie Freiberg im vergangenen Jahr eine Phase des Aufatmens nach den coronabedingten Einschränkungen in Lehre und Forschung vergönnt war, so begann 2023 mit einem Ereignis, das wiederum zu einschneidenden Veränderungen führte und dessen Überwindung viel Geduld und Kreativität seitens der Mitglieder und Angehörigen der Universität und insbesondere hohen Einsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Rechenzentrums forderte. Es handelte sich um einen Cyberangriff, über dessen Ablauf, Aus- und Nachwirkungen Kluge und Eckhofer ab S. 62 berichten. Im Rahmen der Bewältigung von dessen Folgen wurde die Neugestaltung des TU-Webauftritts in Angriff genommen. Die Seiten des VFF erfuhren eine komplette Überarbeitung; der Verein präsentiert sich nun unter folgender neuer Web-Adresse: <https://tu-freiberg.de/vff>.

An welchen Lösungsvorschlägen bei drängenden Zukunftsfragen für eine nachhaltige Ressourcen- und Energiewirtschaft Forschende der TUBAF und des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) arbeiten und welche Technologien in diesem Kontext neu bzw. weiterentwickelt werden lesen Sie im Abschnitt „Forschung“. Exemplarisch sei an dieser Stelle der Beitrag des Instituts für Eisen- und Stahltechnologie genannt, der auf die Herausforderungen bei der Implementierung neuer wasserstoffbasierter Technologien zur Stahlherstellung eingeht (ab S. 21). Um die akademischen Aktivitäten im Bereich der Kreislaufwirtschaft zu bündeln, zu koordinieren und zu kommunizieren wurde auf Initiative des SMWK und des Prorektorats Forschung 2022 das „Freiberg Center for Circular Economy“ (FCCE) als interdisziplinäres Zentrum der Universität eingerichtet (Beitrag von Geburek et al.

ab S. 65). Die Stärkung des Wissens- und Technologietransfers hinein in die Wirtschaft und Gesellschaft ist ein wichtiges Anliegen an der TUBAF, das insbesondere von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Zentralen Transferstelle begleitet und befördert wird. Über den in diesem Kontext eingerichteten Innovationsverbund „4transfer“ wird ab S. 67 berichtet.

Zur Weiterentwicklung des Studienangebots der TU Bergakademie Freiberg lesen Sie ab S. 54. Zwei längere Beiträge in der Rubrik „Internationales“ widmen sich Kooperationsbeziehungen, die seit Dekaden bestehen. In ihnen wird gezeigt, wie diese aktuell mit Leben gefüllt und in die Zukunft geführt werden (Mosambik ab S. 91, Vietnam ab S. 96). Der Verein konnte sich nach einem interimistischen Rückgang während der Corona-Zeit wieder verstärkt der Förderung der Mobilität von Studierenden und Promovierenden widmen, wie aus den Berichten zu einer Vielzahl von durchgeführten Exkursionen, Konferenzbesuchen und Studienaufenthalten hervorgeht, die der Verein kofinanziert hat (Berichte ab S. 111).

Besonderer Dank geht auch an diesem Jahr an Frau Dr. Erika Krüger, die sich großzügig an den Kosten der Herausgabe der ACAMONTA beteiligt. Durch die Förderung vieler weiterer Projekte, wie dem ab S. 9 vorgestellten zur Entwicklung neuer antiinfektiver und antikanzerogener Therapien leistet sie persönlich und die Dr. Erich-Krüger-Stiftung einen wertvollen Beitrag zur Unterstützung von Forschung und Lehre an der TU Bergakademie Freiberg.

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

Ihre Annett Wulkow Moreira da Silva

Geleitwort 6

Stiftung

Die Natur als Inspirationsquelle für die Entwicklung neuer antiinfektiver und antikancerogener Therapien 9
 Monika Mazik
 Das Krügerhaus und die Kristallmodelle von Peter Einenkel 12
 Peter Einenkel, Gerhard Heide, Annett Wulkow Moreira da Silva
 Verdienstorden der Bundesrepublik für Dr. Erika Krüger 15
 Pressestelle TU Bergakademie Freiberg
 Die Stiftung „Christian Grosse Geschichtsbibliothek“ 16
 Marianna Klęcinska

Forschung

FineFuture – Wird die Zukunft wirklich fein? Europäisches H2020-Projekt
 FineFuture erfolgreich abgeschlossen 18
 Stefan Dirlich
 Wasserstoff in der Stahlindustrie 21
 Lukas Neubert, Oleksandr Kovtun, Olena Volkova
 Schiefergas-Ressourcen: Chancen und Risiken von Frac-Behandlung 22
 Moh'd Amro, Carsten Freese
 Grüne Wärme und Kälte aus Grubenwasser – Nachhaltige Versorgungs-
 lösung für moderne Quartiere im Revier Lugau/Oelsnitz 27
 Timm Wunderlich, Lukas Oppelt, Tom Ebel, Thomas Grab, Tobias Fieback
 Entwicklung einer neuartigen Dotierungsmethode für Silicium-Nanodrähte
 mittels Modulationsdotierung 30
 Ingmar Ratschinski, Soundarya Nagarajan, Jens Trommer,
 Thomas Mikolajick, Dirk König, Daniel Hiller
 Weltraumforschung an der TUBAF – Wie geht es damit weiter? 34
 Jens Grigoleit, Carsten Drebenstedt
 Erdbebenbeobachtung am Seismologischen Observatorium Berggießhübel ... 37
 Olaf Hellwig, Anja Zeibig
 Als das Leben makroskopisch wurde - Das Ediacarium und Kambrium der
 Digermulen-Halbinsel (Finnmark, Nordnorwegen) 40
 Guido Meinhold
 Die Organische Petrologie & Geochemie an der TU Bergakademie Freiberg.... 42
 Henry Gerschel
 Aluminiumbatterie aktuell 47
 Hartmut Stöcker, Dirk Meyer
 Teststand zur Feststoffkonversion für die Synthesegaserzeugung 48
 Viktoriia Kison, Ronny Schimpke, Matthias Zschornak, Martin Gräbner, Dirk Meyer
 Eine andere Sichtweise auf den Klimawandel 49
 Bodo Wolf

Studium

Weiterentwicklung des Studienangebots an der TU Bergakademie Freiberg ... 54
 Swanhild Bernstein, Conrad Jackisch, Jörg Benndorf, Tobias Fieback
 Studentische Lehrveranstaltungsevaluation – Balanceakt zwischen qualitat-
 ivem und quantitativem Entwicklungsinstrument für die Lehre 55
 Swanhild Bernstein, Thomas Benkert, Sylvie Preiss, Oliver Rebentrost
 Symposium zur Bedeutung der kleinen Fächer am 19. Mai 2022 an der TUBAF 57
 Ellen Weißmantel
 ELANLAB E-Learning, angewandt im Labor – Digitale Elemente im Physi-
 kalischen Praktikum 58
 Claudia Funke, Hartmut Stöcker
 Wohnheim Heinestraße 13 saniert 59
 Thomas Schmalz

Universität

Der Cyberangriff auf unsere Technische Universität – Versuch einer Chronologie 62
 Andreas Kluge, Felix Eckhofer

Das neue „Freiberg Center for Circular Economy“ (FCCE) an der
 TU Bergakademie Freiberg 65
 Doris Geburek, Simon Glöser-Chahoud, Gari Walkowitz
 4transfer – für eine Wissenschaft die Wirkung schafft 67
 Stephan Meschke, Anja Solf-Hofbauer
 Gründungsmonitor 2023 69
 Marcus Gast, Karina Sopp
 SAMSax – Nachhaltige additive Fertigung in Sachsen 71
 Lisa Kühnel, Adelina Heinz, Dominik Dürigen, Henning Zeidler
 Erfolgreiche Synergie zwischen TT-Professur und Zentrum für effiziente
 Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS) 73
 Christian Kupsch
 Gelungene Firmenzusammenarbeit am Zentrum für effiziente Hochtempera-
 tur-Stoffwandlung (ZeHS) 74
 Dirk C. Meyer, Theresa Lemser, Hartmut Stöcker
 3. Freiburger Kongress zur Energiewende 74
 Simon Glöser-Chahoud
 15 Jahre Graduierten- und Forschungsakademie 76
 Kristina Wopat
 15 Jahre lokales Netzwerk „Kleine Forscher“ / „Junior Forscher“ an der TU
 Bergakademie Freiberg 78
 Kathrin Häußler
 Sanierung des Forschungs- und Lehrbergwerks an der TU Bergakademie
 Freiberg – Rekonstruktion Fördergerüst und Modernisierung Fördermaschine . 79
 Tobias Kandler
 Soziales Leben am Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS) . 80
 Prof. Dirk C. Meyer, Theresa Lemser
 Mohs am Montag 81
 Norman Pohl, Gerhard Heide
 Sonderausstellung zum Steinkabinett von Heinrich Taddel (1714–1794) im
 Grünen Gewölbe: Früchte der Forschungs Kooperation zwischen den Staatli-
 chen Kunstsammlungen Dresden und der TU Bergakademie Freiberg 82
 Ulf Kempe, Michael Wagner, Andreas Massanek, Marius Winzeler,
 Gerhard Heide
 Drei Ausstellungen zum Thema Achat 85
 Andreas Massanek, Jens Götze, Maximilian Mrozik, Christin Kehrer,
 Michael Gäbelein
 Ein Skelett erzählt Stahlbaugeschichte – Das Konstruktionsmodell „Palast
 der Republik“ im Bestand der Kustodie der TU Bergakademie Freiberg 88
 Andreas Benz, Volker Mende

International

Wollen - Können - Bleiben – Freistaat will internationale Studierende für
 Studium und Arbeit in Sachsen gewinnen 91
 Ellen Weißmantel
 Studierende aus Mosambik an der TUBAF 91
 Ingrid Lange
 Über Kontinente hinweg vereint: Ein Studienaufenthalt an der Universidad
 de Concepción in Chile 94
 Marcus Dietrich
 Partnerland Vietnam 96
 Ingrid Lange, Annett Wulkow da Silva, Carsten Drebenstedt,
 Manuela Junghans, Torsten Mayer
 Arbeitskreis Ausländische Studierende (AKAS) & Lokale Erasmus+ Initiative.. 99
 Nicol Hillebrandová
 Allianz der europäischen montanwissenschaftlichen Universitäten 99
 Ellen Weißmantel
 Höchste staatliche Auszeichnung der Mongolei für Freiburger Professor . 100
 Katja Polanski
 Unterstützung für die Ukraine ungebrochen 101
 Carsten Drebenstedt

Aus dem Vereinsleben

Aus dem Protokoll der VFF-Vorstandssitzung 2023.....	104
Hans-Jürgen Kretzschmar	
Posthumer Dank an verstorbenes Mitglied Rudolf Lehmann	106
Hans-Jürgen Kretzschmar	
Unterstützung für die Vernetzung von mosambikanischen Studierenden	106
Manuela Junghans	
Akzeptanz im Lokalen: Wie Energiewende und Rohstoffgewinnung in Deutschland gelingen können.....	107
Stefanie Walter	
Die Zirkon-Raman-Methode zur Datierung von Gesteinen	109
Birk Härtel	
Grubenwasser in Wales – Teilnahme an der IMWA 2023 Konferenz.....	111
Elke Mugova	
Fachexkursion im Studiengang Markscheidewesen und Angewandte Geodä- sie vom 03.07.-07.07.2023.....	113
Susan Zimmer, Michael Görke, Marlene Mühlbach, Cassandra Jany, Annemarie Alexandra Otto, Alba Kießling, Korbinian Hohenadl, Dominic Voland, Paul Rippich	
Studentische Gruben- und Gasschutzwehr der TU Bergakademie Freiberg bei internationalem Wettbewerb erfolgreich.....	118
Patrick Reimann, Helmut Mischo	
Frühjahrsakademie Mathematik/Informatik.....	121
Uwe Weber	
Bohrtechnik-Exkursion der TU Bergakademie Freiberg	122
Telma da Silva, Christian Gläser	
Präsentation von Forschung auf SETAC-Konferenz.....	124
Paul Scapan, Martin Bertau	
Bericht zur studentischen Exkursion „Umformtechnik“	125
Sergey Guk	
Von Freiberg nach Übersee: Wissenschaftliche Mitarbeiter der Fakultät 6 bei Konferenz in Chile vertreten	126
Tim Kanis, Marlen Rimbeck	
Studentisches Forschungspraktikum am Institut INVEMAR in Kolumbien	127
Annegret Just	
Nachwuchs für Anorganische Chemie präsentiert neueste Forschungs- ergebnisse	128
Edwin Kroke, Gero Frisch	
Die Günter Heinisch-Stiftung übergibt neue Kostbarkeiten	129
Andreas Massanek	
Humboldt/Bonpland-Stiftung – eine neue Fördermöglichkeit für biologische Wissenschaften an der TU BAF	131
Hermann Heilmeier	

Historie

Bergakademie-Gründungen in den letzten Dekaden des 18. Jahrhunderts....	133
Annett Wulkow Moreira da Silva, Friedrich Naumann	
Montane Netzwerke. Wissenzirkulation im Montanwesen zwischen Sachsen und der spanisch- und portugiesischsprachigen Welt an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert	137
Annett Wulkow Moreira da Silva	
Der Maler Anton Graff – ein Porträtist seiner Zeit	138
Peter Hauschild	
„... er pflegte früh zu beginnen, wenn die Stadt noch in tiefem Schlaf lag ... „ Zum 100. Geburtstag von Carl Herrmann Müller	140
Angela Kugler-Kießling	
Zum 100. Geburtstag Alexander M. Ospovats, eines modernen „Wernerianers“	141
Peter Hauschild	
Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg - Teil 2 zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des Diplomstudiengangs	

Mineralogie 2005	143
Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen	
Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen (3. Teil Oskar Niemczyk „Bergmännisches Vermessungswesen“ (III/2) ...	151
Karl-Heinz Heyne	
Auszeichnung für rekonstruierte Brendelsche Dampfmaschine.....	154
Peter Hauschild	

Personalia

Zum 80. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. habil., Dr. h.c. H. J. Kretzschmar ...	158
Volker Köckritz, Horst Brezinski	
80. Geburtstag unseres Ehrenvorsitzenden Prof. Dr. Klaus-Ewald Holst.	158
Hans-Jürgen Kretzschmar	
Ehrung für außergewöhnliche Verdienste – Prof. Dr. Georg Unland und Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer werden Ehrensensoren der TU Bergakademie Freiberg	160
Ellen Weißmantel	
Verleihung der Ehrennadel der TU Bergakademie Freiberg 2022	162
Ellen Weißmantel	
Prof. Dirk Meyer in die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig aufgenommen	163
Pressestelle der TU Bergakademie Freiberg	
Grashof-Denkmonnaie für Professor Bretthauer.....	163
Michael Eßlinger, Dietrich Stoyan	
Gastprofessorin Prof. Hiroko Makita.....	164
Ellen Weißmantel, Thomas Bier	
Zum 95. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Gerd Grabow – verdienter Hochschul- lehrer und Initiator der Traditionspflege an der TU Bergakademie Freiberg	165
Rhena Wulf	
Medaillenstifter der TU BAF Hermann Brede – 100 Jahre alt	167
Reiner Hoffmann, Wilhelm Lodi	
Nachruf auf Prof. Dr. rer. nat. habil. Christian Oelsner.....	167
Nachruf für Prof. Dr. Christian Straßburger.....	168
Nachruf auf Dr. Tilo Flade	169



Unsere TU Bergakademie Freiberg zeichnet schon seit jeher aus, dass sie sich ebenso schnell wie erfolgreich auf veränderte Rahmenbedingungen und schwierige Situationen einzustellen vermag. So entstand während der Corona-Pandemie in sehr kurzer Zeit eine virtuelle Fakultät mit digitalen Studienangeboten, die heute als zukunftsweisend anzusehen ist und eine wichtige Basis für die Immatrikulation einer großen Anzahl von Studierenden aus ukrainischen Kriegsgebieten bildet. Weitere grundlegende Herausforderungen waren infolge eines am 17. Januar 2023 erlittenen Cyberangriffs auf die IT-Systeme der Hochschule zu meistern. Dabei konnten größere Schäden durch Datendiebstähle mittels strikter Gegenmaßnahmen unter sofortiger Abschaltung aller Internetverbindungen verhindert werden. Dennoch bedurfte es mehrmonatiger Kraftanstrengungen, um eine substituierende IT-Struktur mit modernsten Sicherheitsstandards in Betrieb zu nehmen.

Trotz enormer Kapazitätsbindungen zur Bewältigung der außergewöhnlichen Problemstellungen, setzt die Hochschulleitung weitere grundstrategische Akzente für die Zukunft. Mit personell verstärkten Strukturen widmet sie sich der Weiterentwicklung und Pflege des traditionell international ausgerichteten Beziehungsnetzwerks unserer Universität. Hierzu erfolgt eine aktive Beteiligung am Projekt EURECA-Pro. Dabei handelt es sich um eine Initiative der Europäischen Union zum Aufbau eines europäischen Bildungsraums. Dessen Ziel ist es, die Qualität, Attraktivität und interkontinentale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Hochschulbildung durch eine engere strategische Verzahnung geeigneter Hochschuleinrichtungen zu stärken.

Auch die TU Bergakademie Freiberg ist vom allgemeinen Rückgang der Studierendenzahlen an den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten der deutschen Hochschulen betroffen. Dieser Situation gilt es, mit modernen Studienangeboten und zielgruppengerechten Werbemaßnahmen zu begegnen. Vor diesem Hintergrund kommt der Integration von Nachhaltigkeitsthemen in die Curricula der verschiedenen Studiengänge eine hohe Bedeutung zu. Neben der Modifikation bestehender Lehrangebote ist vorgesehen, Studienmodule zu schaffen, die sich inhaltlich mit der Entwicklung von notwendigen Rahmenbedingungen für eine ökologisch und sozial nachhaltige Produktion von Gütern sowie einen verantwortungsbewussten Konsum befassen.

Innovationen entstehen meist im interdisziplinären Austausch unterschiedlicher Akteure. Die TU Bergakademie Freiberg stellt sich daher als Leadpartner eines neuen Innovationsverbundes der Bund-Länder-Initiative „Innovative Hochschule“ der Aufgabe, mittels eines Netzwerkformats unter der Bezeichnung „4transfer-Innovation“ für einen agilen Informationstransfer zwischen der Wissenschaft, der Wirtschaft, der Verwaltung und der Gesellschaft zu sorgen. Damit sollen praktisch verwertbare Neuerungen hervorgebracht und vorhandene Potenziale entfesselt werden. In ähnlicher Mission beabsichtigt unser Förderverein, im engen Zusammenspiel mit dem Gründernetzwerk Saxxed sowie der Alumnibetreuung der TU Bergakademie Freiberg einen TUBAF Innovators Club ins Leben zu rufen, der nutzbringende Kontakte zwischen innovativen Wissenschaftlern und potenziellen Investoren stiften soll.

Als eine ebenfalls der vermittelnden Kommunikation

dienende Institution unserer Universität konnte in diesem Jahr die Graduierten- und Forschungsakademie (GraFA) ihr 15-jähriges Bestehen feiern. Diese hat sich im Laufe der Jahre mit ihrem vielfältigen Leistungsangebot fest als zentrale Einrichtung für den wissenschaftlichen Nachwuchs der TU Bergakademie Freiberg etabliert. Insbesondere mit der Unterstützung in administrativen Belangen von Promotionen und Habilitationen sowie zahlreichen Informationsveranstaltungen und Individualberatungen leistet sie einen wichtigen Beitrag zur prosperierenden Entwicklung des Wissenschaftsbetriebs unserer Universität.

Ein äußerlich weithin sichtbares Zeugnis der positiven Fortentwicklung der TU Bergakademie Freiberg stellt das jüngst feierlich eingeweihte Hörsaal- und Bibliotheksgebäude im Herzen des Campus dar. Es ragt mit seinem über 40 Meter hohen Turm deutlich über die bisherige Silhouette der Stadt Freiberg hinaus und bietet neben zwei großen Hörsälen sowie mehreren Seminarräumen großzügige Flächen für rund 720.000 Lesemedien, 480 Lern- bzw. Arbeitsplätze und eine Cafeteria. Damit stehen den Studierenden höchst attraktive und nachhaltig gestaltete Lernorte zur Verfügung, die modernste Digitalisierungsanforderungen erfüllen. Mit der Übergabe eines neuen Hallenkomplexes an das Institut für Maschinenbau steht in Kürze der Abschluss einer weiteren bedeutenden Baumaßnahme bevor.

Dank ausreichender Zuweisungen und Zuschüsse durch den Freistaat Sachsen sowie eines relativ hohen Drittmittelaufkommens befindet sich die TU Bergakademie Freiberg in einer gut auskömmlichen Finanzsituation. Zudem erfreut sie sich einer bekanntlich bis in das 18. Jahrhundert zurückreichenden Tradition der Förderung ihrer Studierenden und des Forschungsbetriebes durch externe Stiftungszuwendungen. Als älteste der in heutigen Tagen zu Gunsten unserer Universität aktiven Stiftungseinrichtungen erlebte die rechtlich selbständige Sparkassen-Stiftung zur Förderung der TU Bergakademie Freiberg in diesem Jahr das 25-jährige Gründungsjubiläum.

Auch unser Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg blickt wieder auf ein erfolgreiches Jahr des Wirkens im Sinne seiner satzungsgemäßen Aufgaben zurück. Obgleich sich die Einnahmen- und Ausgabenflüsse im Vergleich zum Vorjahr etwas reduziert haben, konnten wir im Ergebnis der täglichen Aktivitäten unserer Geschäftsstelle eine Fülle kleinerer Akzente zur Unterstützung unserer Hochschule setzen. Wichtig war es uns dabei, im unmittelbaren Dialog mit Vertretern des Studentenrats Anknüpfungspunkte zur geeigneten Förderung von Studierenden zu identifizieren. Einen strategischen Schwerpunkt unserer künftigen Vereinsarbeit sehen wir in einer verstärkten Präsentation unseres Leistungsangebotes in sozialen Medien, bei den Fachschaftsräten und bei studentischen Veranstaltungen.

Besondere Freude bereitet uns die Entwicklung der im Jahre 2015 errichteten „Günter Heinisch Stiftung des Fördervereins VFF für die geowissenschaftlichen Sammlungen in Freiberg“. Im Resultat eines erfolgreichen Anlagemanagements konnten trotz des Niedrigzinsniveaus der vergangenen Jahre beachtliche Zinserträge erwirtschaftet werden. Diese ermöglichten es, weitere wissenschaftlich bedeutsame Silberstufen im Gegenwert von über 20.000 Euro für die geowissenschaftlichen Sammlungen anzukaufen. Außerdem finanzierten wir die Anfertigung von 30 Dünnschliffen für petrographische

Untersuchungen an Vulkaniten. Öffentliche Aufmerksamkeit erfuhr unser Stiftungsengagement insbesondere durch die finanzielle Unterstützung einer gemeinsamen Sonderausstellung des Institutes der Mineralogie, der Geowissenschaftlichen Sammlungen und des Grünen Gewölbes im Dresdner Residenzschloss.

Um einem zunehmenden Bedürfnis mancher wohlhabenden Menschen gerecht zu werden, sich mit zweckgebundenen Schenkungen oder Nachlassregelungen beständig für die Wissenschaft zu engagieren, erweiterten wir die Satzung der Heinisch-Stiftung im Einvernehmen mit der zuständigen Genehmigungsbehörde dergestalt, dass interessierte Mäzene in der vorhandenen Rechtsstruktur unter eigenem Namen separierte Stiftungsfonds zu konkret eingegrenzten Förderungen der Forschung und Lehre von vorhandenen Fachgebieten an der TU Bergakademie Freiberg begründen können. Gerne haben wir bereits einen ersten Stiftungsfonds eingerichtet.

Eine beliebte Facette unserer Vereinsarbeit stellt die alljährliche Herausgabe der Zeitschrift *Acamonta* dar. Wir freuen uns, Ihnen die diesjährige Ausgabe in der gewohnten Qualität präsentieren zu können. Ich danke der Redaktionsleiterin, Frau Dr. Annett Wulkow Moreira da Silva, den Mitgliedern des Redaktionsteams sowie allen Beitragsautoren für ihr ehrenamtliches Engagement. Zugleich wünsche ich Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, viel Freude bei der Lektüre. Bleiben Sie uns im beherzten Einsatz für eine weiterhin gedeihliche Fortentwicklung unserer Alma Mater verbunden.

Prof. Hans-Ferdinand Schramm

Vorstandsvorsitzender des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.



Nahaufnahme Kristallmodelle



Außenansicht Krügerhaus

Stiftung



Kristallmodellgalerie im Krügerhaus



Die Natur als Inspirationsquelle für die Entwicklung neuer antiinfektiver und antikanzero gener Therapien

Monika Mazik

Einleitung

Die Bereitstellung neuer antibakterieller und antiviraler Wirkstoffe ist von enormer Bedeutung und Bestandteil intensiver Forschung. Der Kampf gegen das Coronavirus SARS-CoV-2 hat besonders deutlich gezeigt, wie wichtig es ist, Substanzen mit einem breiten Wirkungsspektrum zu entwickeln, die sowohl gegen neue Virusmutationen als auch gegen Co-Infektionen wirksam sind. Im Falle der Co-Infektionen bei Patienten mit COVID-19 wurden verschiedene Bakterien und Viren als Co-Pathogene identifiziert, darunter Influenza, Rhinovirus, Parainfluenza und Metapneumovirus, wobei die Co-Infektion mit Influenza A am häufigsten beobachtet wurde.

Ein aktuell sehr großes Problem stellt die Tatsache dar, dass immer mehr Krankheitserreger gegen die bisher wirksamen Wirkstoffe resistent werden. So sind stetig mehr antibiotikaresistente Keime für schwere Krankheitsverläufe und Todesfälle verantwortlich, sodass die Suche nach neuen Antibiotika immer dringender wird. Schon heute sind bspw. bis zu 95 Prozent der *Staphylococcus aureus*-Stämme resistent.

Auch in der Tumorbekämpfung werden

sätzen für die oben genannten Probleme können natürliche Substanzen eine wichtige Rolle spielen. Geeignete Naturstoffe sind als Bestandteile neuer Therapien einsetzbar und ihre chemischen Strukturen können als Ideengeber für das Design neuer Wirkstoffmoleküle dienen. Bei der Entwicklung neuer Therapien auf Naturstoffbasis haben Kombinationstherapien ein großes Potential, da synergistische Effekte zwischen den einzelnen Komponenten zu besonders effektiven Wirkweisen führen können.

Im Folgenden werden exemplarisch Lösungsansätze vorgestellt, die im Rahmen unserer Forschung auf diesem Gebiet entwickelt wurden und mit denen vielversprechende Ergebnisse erzielt werden konnten.

Naturstoffe als Bestandteile medikamentöser Therapien: Entwicklung einer Rutin-basierten Kombinationstherapie gegen SARS-CoV-2-Infektionen

SARS-CoV-2 ist ein Vertreter der RNA-Viren und sein Eindringen in die Wirtszellen wird durch das humane Angiotensin-konvertierende Enzym 2 (ACE2) vermittelt, das an die Spike-Oberflächenproteine von SARS-CoV-2 bindet. Der Einsatz von ACE2-

Coronaviren, als eine der besten Strategien zur Blockierung der viralen Replikation bei betroffenen Patienten. Angesichts der Bedeutung der Hemmung von ACE2 und 3CLpro ist die Identifizierung von Substanzen von großer Bedeutung, die die Fähigkeit besitzen, an eines oder beide der genannten Ziele zu binden.

Eine natürliche Substanz, die über solche



Abb. 2: Wilde Stiefmütterchen (*Viola tricolor* mit hohem Rutingehalt).

Eigenschaften verfügt, ist Rutin [1-3], die in Blüten, Blättern und Pflanzenstängeln vorkommt und als Schutz vor UV-Strahlen von vielen Pflanzen verwendet wird (Struktur von Rutin ist in Abb. 1 dargestellt). Rutin ist besonders reichlich in Buchweizen, rotem Weinlaub, Weinraute, Johanniskraut, Petersilie, Holunder oder in wilden Stiefmütterchen enthalten (siehe Abb. 2). Auch in den Schalen vieler Obst- und Gemüsesorten, wie zum Beispiel bei Äpfeln oder Zwiebeln, kommt Rutin vor. Diese gelblich gefärbte Substanz gehört zur Klasse der Flavonoide und weist ein bemerkenswert breites pharmakologisches Wirkungsspektrum auf. Zu den zahlreichen positiven Wirkungen, über die bisher berichtet wurde, gehören unter anderem antibakterielle, antimikrobielle, entzündungshemmende, antiallergische, schmerzstillende, antioxidative und anti-diabetische Eigenschaften. Besonders hervorzuheben ist, dass Rutin auch eine breite antivirale Aktivität gegenüber einer ganzen Reihe von Viren aufweist, darunter das Influenzavirus und das Hepatitis-C-Virus. Eine detaillierte Analyse der Literatur führt zur Schlussfolgerung, dass diese natürliche Substanz noch viele unerforschte positive Eigenschaften besitzt und bei zahlreichen Krankheiten heilsam wirken kann.

Den computergestützten und experimentellen Studien zufolge besitzt Rutin die Fähigkeit, nicht nur das humane ACE2

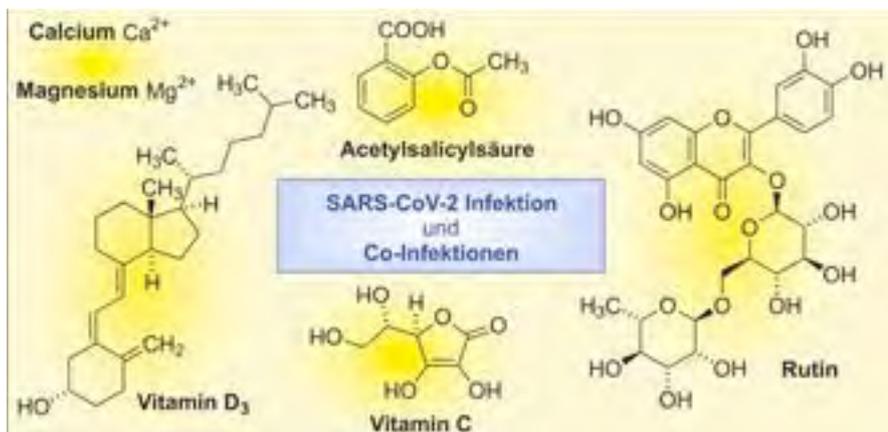


Abb. 1: Komponenten einer Kombinationstherapie gegen SARS-CoV-2-Infektionen: Rutin (Quercetin-3-O-rutinosid), Acetylsalicylsäure (ASS, Aspirin), Vitamin C (L-Ascorbinsäure), Vitamin D3 (Cholecalciferol), Calcium und Magnesium [1].

Resistenzen gegen konventionelle Chemotherapeutika zu einem zunehmenden Problem. Dieser Umstand und die ständig steigende Anzahl der Krebserkrankungen stellen eine schnell wachsende Herausforderung für die Forschung zur Entwicklung neuer antikanzero gener Wirkstoffe dar.

Bei der Suche nach neuen Lösungsan-

Inhibitoren, die den Eintritt des SARS-CoV-2-Virus in die Zelle verhindern, ist daher eine der möglichen Strategien zur Bekämpfung der Infektion.

Darüber hinaus gilt die Hemmung der katalytischen Aktivität der 3-Chymotrypsin-ähnlichen Protease (3CLpro), der Hauptprotease von SARS-CoV-2 und anderen

und das virale 3CLpro (Abb. 3, [4]) zu inhibieren, sondern auch andere Proteine des SARS-CoV-2-Virus zu blockieren [wie z.B. SARS-CoV-2 papainartige Protease (PLpro), RNA-abhängige RNA-Polymerase (RdRp) und Helikase] und dadurch die verschiedenen Phasen des viralen Lebenszyklus zu hemmen.

Der positive Synergismus von Flavonoi-

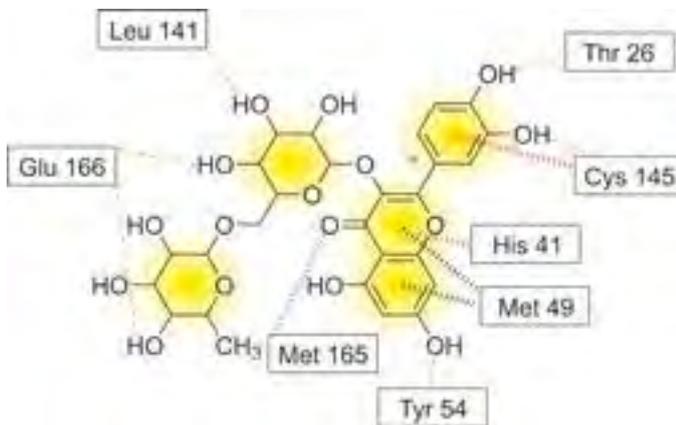


Abb. 3: Beispiele für intermolekulare Wechselwirkungen (gestrichelte Linien) zwischen Rutin und 3CLpro von SARS-CoV-2 (Docking-Experimente [1,4]): Wasserstoffbrücken-bindungen (orange), CH- π - (schwarz), Kation- π - (violett) und Schwefel- π -Wechselwirkungen (rot) sowie van der Waals-Kontakte (grau).

den und Ascorbinsäure (Vitamin C) legt die gleichzeitige Verabreichung von Rutin und Vitamin C nahe, das bekanntermaßen weitreichende Auswirkungen auf das Immunsystem bei Infektionen hat. Da eine Virusinfektion zu einem stark erhöhten Bedarf an Vitamin C führt, ist dessen Einnahme empfehlenswert. Zu erwähnen ist auch, dass seit langem Arzneimittel auf dem Markt sind, die sowohl Rutin als auch Vitamin C enthalten und u.a. für den Einsatz bei Influenza vorgeschlagen wurden (als Quelle von Vitamin C, das durch Rutin vor Oxidation geschützt wird).

Neben der bereits erwähnten Synergie ist auch die positive synergistische Wirkung zwischen Rutin und Vitamin D von großer Bedeutung. Mehrere Studien deuten darauf hin, dass ein unzureichender Vitamin-D-Serumspiegel mit einem erhöhten Risiko für akute Atemwegsinfektionen, einschließlich der COVID-19-Erkrankung, verbunden ist. Aufgrund der vielen ermutigenden Daten erfährt der Einsatz dieses Vitamins zur Verringerung des Schweregrads von SARS-CoV-2-Infektionen große Aufmerksamkeit. Es ist zu erwähnen, dass Vitamin D praktisch in Form von Vitamin D3 (Cholecalciferol) eingenommen wird, das für die Umwandlung in seine aktive Form Magnesium benötigt und auch für positive Synergieeffekte mit Calcium verantwortlich

ist. Darüber hinaus haben einige Studien gezeigt, dass der Schweregrad von COVID-19-Erkrankungen auch mit niedrigeren Serumkonzentrationen von Magnesium und Calcium einhergeht, sodass die Überwachung des Magnesium- und Calciumstatus und die Behandlung eines Mangels an diesen beiden Mineralien bei Patienten mit SARS-CoV-2-Infektionen nicht zu vernachlässigen ist.

Im Hinblick auf das Problem der Co-Infektionen bei Patienten mit COVID-19 wurde in der Literatur die Notwendigkeit einer Kombinationstherapie mit Nicht-Anti-SARS-CoV-2-Mitteln angesprochen. In Anbetracht der Co-Infektionen gewinnt die Verwendung von Aspirin (Acetylsalicylsäure, ASS)

in niedrigen Dosen (z. B. 100 mg/Tag) an Bedeutung. Die bemerkenswert breite biologische Aktivität von Rutin spielt jedoch bei der Bekämpfung dieser Co-Infektionen eine besonders wichtige Rolle.

Bezüglich des Aspirins ist noch zu betonen, dass dieser Stoff vielfältige Auswirkungen auf das Immunsystem hat und daher die Anfälligkeit für virale Infektionen beeinflussen kann. So wurde beispielsweise berichtet, dass Patienten, die vor ihrer Infektion mit SARS-CoV-2 wegen einer Herzerkrankung mit niedrig dosierter Acetylsalicylsäure behandelt wurden, einen deutlich mildereren Verlauf ihrer COVID-19-Erkrankung hatten. Auch im Rahmen anderer Studien wurde die positive Wirkung von niedrig dosiertem ASS festgestellt.

Die oben genannten Erkenntnisse sowie andere Literaturangaben und einige Hinweise der traditionellen Medizin führten zur Entwicklung einer Kombinationstherapie auf Rutinbasis [1,2], die den Einsatz von fünf weiteren Komponenten beinhaltet, wie Acetylsalicylsäure [5], Vitamin C und Vitamin D3 (siehe Abb. 1), wobei letzteres zusammen mit Calcium und Magnesium verabreicht werden soll.

Der therapeutische Ansatz für SARS-CoV-2-Infektionen unter Verwendung einer Kombinationstherapie auf Rutinbasis hat zahlreiche potentielle Vorteile. Hierzu

zählen u.a. das breite pharmakologische Wirkungsspektrum, das gute Sicherheitsprofil, die Verfügbarkeit und die geringen Kosten. Hervorzuheben ist, dass durch die Fähigkeit zur Inhibierung des viralen Proteins 3CLpro durch Rutin die entwickelte Kombinationstherapie das Potential hat, bei Infektionen mit verschiedenen Virusmutationen zu wirken, da das aktive Zentrum von 3CLpro eine große Ähnlichkeit bei unterschiedlichen Varianten von SARS-CoV-2 und anderen Coronaviren aufweist.

Die bemerkenswerte Wirksamkeit von Rutin gegenüber einer ganzen Reihe von bakteriellen und viralen Erregern sowie die bewährte Verwendung dieser Substanz in Vitamin-C-Präparaten und in der traditionellen Medizin (z.B. in der traditionellen chinesischen Medizin), zahlreiche Literaturhinweise auf die positiven Auswirkungen der anderen Komponenten bzgl. des Verlaufs von SARS-CoV-2-Infektionen und nicht zuletzt unsere eigenen sehr positiven Erfahrungen machen diese einfache Kombinationstherapie zu einem vielversprechenden und attraktiven Therapieansatz für SARS-CoV-2-Infektionen. Die Kombinationstherapie hat das Potential, sowohl prophylaktisch als auch therapeutisch von Interesse zu sein und bietet die Möglichkeit, vor einem schweren Krankheitsverlauf zu schützen.

Cannabinoide als Vorbilder für die Entwicklung neuer antikanzero gener Stoffe

Phytocannabinoide sind sekundäre Metabolite und Hauptinhaltsstoffe der Cannabispflanzen, denen vielfältige biologische Aktivitäten zugeschrieben werden. Bislang wurden über 100 Substanzen dieser Art identifiziert, darunter Tetrahydrocannabinol (THC) und Cannabidiol (CBD) (siehe Abb.4). THC hat unter anderem schmerzlindernde und entzündungshemmende Eigenschaften, aber seine psychoaktive Wirkung schränkt das medizinische Potential stark ein. Im Gegensatz dazu wurden für CBD keine derartigen negativen psychoaktiven Eigenschaften festgestellt.

Cannabinoide sind Bestandteile des Cannabisöls, dessen Zusammensetzung von vielfältigen Faktoren abhängt, darunter von der Sorte der Cannabispflanze. Die grüne, einjährige Pflanze *Cannabis sativa*, die in Abb. 5 dargestellt ist, hat einen hohen CBD- und sehr niedrigen THC-Gehalt, was für die Weiterbearbeitung zu Ölen wichtig ist (die sog. CBD-Öle). In Hinblick auf das Cannabisöl sind vor allem die Blüten der Pflanze von Bedeutung. Cannabisöl hat Berichten zufolge schmerzlindernde, antibakterielle,

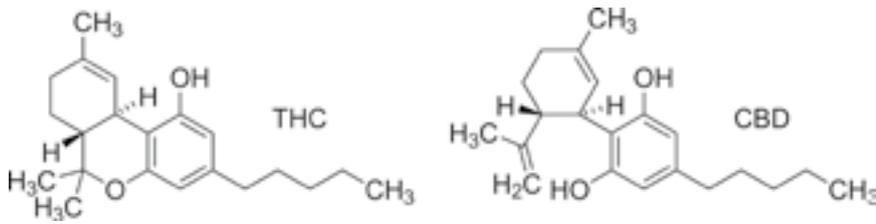


Abb. 4: Strukturen von Tetrahydrocannabinol (THC) und Cannabidiol (CBD).

blutdrucksenkende, entzündungshemmende, das Immunsystem stärkende und neuroprotektive Wirkungen sowie die Fähigkeit, das Zellwachstum in Tumoren zu hemmen.

Die Inhaltsstoffe von Cannabisöl werden zunehmend als aussichtsreiche Kandidaten



Abb. 5: Cannabispflanze *Cannabis sativa*.

für die Entwicklung neuer Krebstherapien angesehen [6], jedoch liegen bisher nur unzureichende wissenschaftlich fundierte Daten vor. Es sollte aber betont werden, dass immer mehr Studien auf das große Potential von Therapieansätzen auf Cannabinoidbasis hinweisen. In diesem Zusammenhang sind bspw. die vielversprechenden Ergebnisse zu nennen, die bei der Behandlung der bösartigsten Form des primären Hirntumors (*Glioblastoma multiforme*) erzielt wurden [7].

Die große Anzahl und die daraus resultierende strukturelle Vielfalt der bisher bekannten Phytocannabinoide ist beeindruckend, stellt aber gleichzeitig eine enorme Herausforderung bei der Identifizierung der Substanzen mit der stärksten antikanzerogenen Wirkung dar.

Unser Lösungsansatz beruht auf der genauen Betrachtung der chemischen Strukturen der zahlreichen bekannten Cannabinoide und der Selektion der gemeinsamen Strukturmerkmale, die für die gewünschte biologische Aktivität verantwortlich sein könnten. Die so identifizierten strukturellen Untereinheiten bilden dann die Grundlage für den Entwurf neuer Molekülstrukturen. Diese synthetischen Analoga natürlicher Cannabinoide werden so konzipiert, dass sie eine antikanzerogene, aber keine psychoaktive Aktivität aufweisen sollten.

Zur Bestimmung der Zytotoxizität der auf diese Weise entwickelten Substanzen wurden mehrere Tumorzelllinien verwendet, darunter Adenokarzinom aus der Brust, Melanom, Eierstockkrebs, Kolorectales Adenokarzinom und Karzinom aus dem Rachenbereich.

Die mit einigen dieser Verbindungen bereits durchgeführten biologischen Tests ergaben sehr bedeutsame Ergebnisse, die unterschiedliche Bioaktivitäten der getesteten Substanzen aufzeigten und die Identifizierung wirksamer bzw. zum Teil sehr wirksamer Substanzen ermöglichten. Hervorzuheben ist, dass einige der getesteten Verbindungen nicht nur eine zytotoxische Wirkung gegen verschiedene Krebsarten aufweisen, sondern



Abb. 6: Elektronenmikroskopische Aufnahme eines *E.coli*-Bakteriums, das an die Oberfläche einer Wirtszelle durch Wechselwirkung seiner fimbriären Lektine mit den Kohlenhydraten der Glycocalix-Schicht der Zelloberfläche adhärert [8].

auch in der Lage sind, die bei konventionellen Chemotherapeutika, wie Doxorubicin, Paclitaxel, Irinotecan und Oxaliplatin, bestehenden Resistenzen zu überwinden.

Kohlenhydratbindende Proteine (Lektine) als Inspirationsquelle für die Entwicklung neuer antibakterieller und antiviraler Wirkstoffe (Lektinmimetika)

Die Entwicklung von effizienten und wirksamen Substanzen gegen Bakterien und Viren, die ständigen Veränderungen unterliegen, ist eine der größten Herausforderungen der modernen Pharmaindustrie. Da im Vorfeld einer Infektion die Bakterien und Viren mit ihren kohlenhydratbindenden Proteinen, den sogenannten Lektinen, an passende Kohlenhydrate auf der

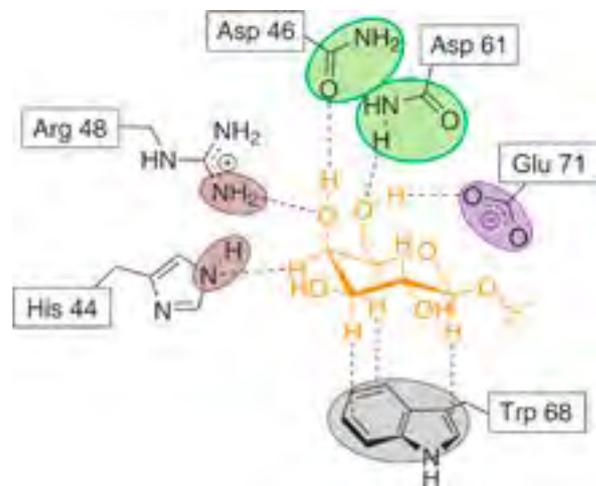


Abb. 7: Beispiele für Wasserstoffbrücken und CH- π -Wechselwirkungen im kristallinen Komplex von Galektin-1 mit *N*-Acetylglucosamin [9].

Zelloberfläche binden (siehe Abb. 6, [8]), haben wir die durch die Lektine verwendete Kohlenhydratbindungsstrategie als Inspirationsquelle für das Design neuer Antiinfektiva genutzt. Besonders wertvolle Informationen über die Art der nichtkovalenten Wechselwirkungen, die für die effektive und selektive Erkennung von Kohlenhydraten durch Lektine verantwortlich sind, liefern die Kristallstrukturen der Protein-Kohlenhydrat-Komplexe (siehe Abb. 7, [9]). Die auf der Basis der Betrachtung der natürlichen Systeme entwickelten lektinähnlichen Moleküle (Lektinmimetika, künstliche/synthetische Analoga der Lektine) sollen daher die Fähigkeit besitzen, die Bindungsstellen der Kohlenhydrate auf den Wirtszellen abzudecken und dadurch Viren und Bakterien, die über einen Kohlenhydrat-Erkennungsmechanismus verfügen, in ihrer Wirkung blockieren.

Diese Strategie hat sich als erfolgreich erwiesen und führte zur Entwicklung neuartiger, wirksamer Moleküle, deren Basis-

struktur es erlaubt, durch strukturelle Variationen der Molekülbausteine schnell auf verschiedene Veränderungen (wie z. B. virale Mutationen) zu reagieren. In diesem Kontext haben wir bspw. Verbindungen entwickelt, die antivirale Aktivität gegenüber solchen Viren wie Human Corona (SARS), Feline Corona, HIV-1, Vaccinia (Lederle, Lister, WR, Copenhagen) und Cowpox Virus aufweisen.

Insgesamt stellen wir damit Molekülstrukturen bereit, die gezielt parametrisiert und synthetisiert werden können und das Potential haben, im großen Anwendungsfeld der Infektiologie verschiedene Viren- und Bakterienarten zu blockieren. Ihre Herstellung im Labor ist ohne Probleme auf übliche Verfahren der Pharmaindustrie übertragbar und erlaubt es, neue Formen von Medikamenten zu entwickeln.

Danksagung

Wir bedanken uns bei der Dr. Erich-Krüger-Stiftung sehr herzlich für die finanzielle

Unterstützung und die damit verbundene Möglichkeit, die Studien zur Entwicklung neuer antiinfektiver und antikanzerogener Wirkstoffe durchführen zu können.

Literatur

- 1 Mazik, M. (2022): Promising therapeutic approach for SARS-CoV-2 infections by using a rutin-based combination therapy. *ChemMedChem*, 17 (11), e202200157.
- 2 Mazik, M. (Technische Universität Bergakademie Freiberg), Deutsche Patentanmeldung, DE 10 2021 115 792 A1. Antivirale Naturstoffkombination, insbesondere zur Behandlung von SARS-CoV-2-Infektionen. Anmeldung 2021, Veröffentlichung 2022.
- 3 Agrawal, P. K., Agrawal, C. & Blunden, G. (2021): Pharmacological significance of rutin. *Nat. Prod. Commun.*, 16, 1-12.
- 4 Cherrakl, S. A., Merzouk, H. & Mokhtari-Soulimane, N. (2020): Potential bioactive glycosylated flavonoids as SARS-CoV-2 main protease inhibitors: A molecular docking and simulation studies. *PLoS One*, 15 (10), e0240653.
- 5 Bei der Einnahme von ASS und Rutin sollte ein zeitlicher Abstand bedacht werden [1].

- 6 Śledziński, P. Zeyland, J., Słomski, R. & Nowak, A. (2018): The current state and future perspectives of cannabinoids in cancer biology. *Cancer Medicine*, 7 (3), 765-775.
- 7 Hashemi, F., Hashemi, M. & Zali, A. R. (2016): Cannabinoids as a Promising Therapeutic Approach for the Treatment of Glioblastoma Multiforme. *International Clinical Neuroscience Journal*, 3 (3), 138-143.
- 8 Lindhorst, T. K. (2000): Struktur und Funktion von Kohlenhydraten. *Chemie in unserer Zeit*, 34 (1), 38-52.
- 9 Amrhein, F. & Mazik, M. (2021): Compounds Combining a Macrocyclic Building Block and Flexible Side-Arms as Carbohydrate Receptors: Syntheses and Structure-Binding Activity Relationship Studies. *Eur. J. Org. Chem.* 2021, 6282 - 6303.

Kontakt

monika.mazik@chemie.tu-freiberg.de
 Institut für Organische Chemie
 Technische Universität Bergakademie Freiberg
 Leipziger Straße 29
 09599 Freiberg

Das Krügerhaus und die Kristallmodelle von Peter Einenkel

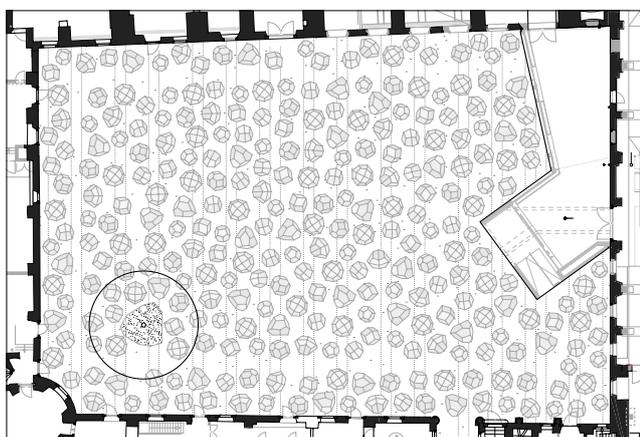
Peter Einenkel, Gerhard Heide, Annett Wulkow Moreira da Silva

Der große Formenreichtum der Minerale, wie sie z. B. in den Ausstellungen im Abraham-Gottlob-Werner-Bau, der terra mineralia im Schloss Freudenstein und dem Krügerhaus zu sehen ist, lässt sich auf wenige kristallographische Grundgestalten zurückführen. Verschiedene Symmetrieelemente sowie die Kombinationen von Formen und speziellen Phänomene des Kristallwachstums ergeben die Vielfalt. In der terra mineralia widmet sich diesem Thema die „Exkursion“ „Gullivers Reisen“ im Afrika-Saal, wo an natürlich gewachsenen Fluoriten die verschiedenen Grundformen prä-

sentiert werden. Auch im Hof von Schloss Freudenstein waren kristallographische Modelle für die Gestaltung ideengebend: Es wurden 6 Formen (siehe unten) und eine Kombination aus dem kubischen Kristallsystem ausgewählt und als Granitplatten ausgeführt. Dieses Motiv findet sich u. a. auch in der Gestaltung des ersten Raums der Schatzkammer und dem Tor zum Krügerhaus sowie auf den T-Shirts der Ausstellungsführer wieder. Im Krügerhaus wird dem Thema Kristallformen und der Wissenschaftsgeschichte der frühen Kristallographie in der „Galerie der Modelle“ des 1.



Übergabe der Kristallmodelle durch Peter Einenkel an Dr. Erika Krüger im Juni 2012



Kristallformen im Hof von Schloss Freudenstein

Obergeschosses ein eigener Raum gewidmet. Angeregt durch die Ausstellung terra mineralia nahm Herr Einenkel aus Leipzig im Jahr 2009 Kontakt zu mir (Prof. Heide) auf und stellte seine Idee vor, Kristallmodelle als Begleitobjekte zu den in der terra mineralia gezeigten Mi-

neralien anzufertigen. Da zu diesem Zeitpunkt die Planung für die Ausstellung im Krügerhaus gerade am Laufen war, lag die Idee nahe, die sieben Kristallformen des Schlosshofs als dreidimensionale Modelle zur Präsentation in diesem Haus zu fertigen. Die Ausführung und Qualität der Kristallmodelle beeindruckten Frau Dr. Erika Krüger so sehr, dass sie die Objekte am 20. Juni 2012 persönlich für die Ausstellung „Mineralogische Sammlung Deutschland“ entgegennahm. Gleichzeitig konnte Herr Einenkel als Stifter für die gleichnamige Stiftung gewonnen werden.

Die Idee, die Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg mit Kristallmodellen zu bereichern, kam nicht von ungefähr und be-

ruhte auf der langjährigen Verbundenheit von Peter Einkel zu seiner Alma Mater in Freiberg. Hier an der Freiburger Bergakademie hatte er zwischen 1966-1972 Metallurgie studiert (Matrikelnummer 19145) und das Studium mit dem akademischen Grad „Diplomingenieur für Metallkunde und Materialprüfung“ beendet. Die Diplomarbeit fertigte er in der Sektion Physik mit dem Titel „Diffusion von Dotierungselementen in $ZnSiP_2$ - nachgewiesen mittels elektronenoptischer Methoden“ an und schloss diese mit „sehr gut“ ab. Ebenfalls mit „sehr gut“ absolvierte er die Prüfung und die Übungen in Mineralogie bei Prof. Rösler. Bereits hier im Studium entstand der Wunsch, die in den Übungen gefertigten Papiermodelle einmal aus Metall zu fertigen. Bis zu dessen Verwirklichung vergingen 34 Jahre! Mit Beendigung der beruflichen Tätigkeit im Jahr 2006, begannen 3 Jahre der konzeptionellen Vorbereitung. Heute liegen 67 Modelle (siehe unten) vor, die alle das gleiche Volumen von 100 cm^3 bzw. die gleiche Masse von 850 g haben und einen sehr hohen didaktischen Wert besitzen.

Herstellung der Kristallmodelle

Konzeption

Konzeptionelle Überlegungen ließen es zunächst sinnvoll erscheinen, sich auf die Fertigung konvexer Polyeder und dabei auf Formen der sieben Kristallsysteme und der drei Gruppen geometrischer Polyeder (Platonische, Archimedische und Catala-

nische Körper) zu beschränken. Letztere umfassen vielfach auch Formen im kubischen Kristallsystem. Für die Definition konvexer Polyeder gilt, dass ein Bereich des n -dimensionalen euklidischen Raumes konvex heißt, wenn alle Punkte, die durch konvexe Linearkombinationen zwischen zwei Punkten dieses Bereichs entstehen, wieder zu diesem Bereich gehören. Damit sind z. B. sternförmige Formen ausgeschlossen.

Bestimmung von Material und Fertigungsverfahren

Grundsätzlich priorisiert ein Metallkundler Metalle als Werkstoff. Nach Auswertung von Literatur und Informationen auf Messen (u.a. Intec) schied die Herstellung mittels 3D-Drucker aus, denn zum Zeitpunkt, an dem die Idee der Herstellung der Modelle erwuchs, wurden mittels dieser Drucker vorrangig Kunststoffe verarbeitet. Die Nutzung von Metallen für die konzipierten Formen war noch nicht ausgereift. Auch wäre die Anschaffung einer eigenen, qualitativ hochwertigen Anlage nicht zu finanzieren gewesen. Im Ergebnis der Abwägungen wurde sich für ein zerspanendes Verfahren für die Fertigung der Modelle entschieden.

Hinsichtlich des Werkstoffs fiel die Wahl auf Messing, das sich durch eine gute Zerspanbarkeit und attraktives Aussehen auszeichnet. Von den ca. 60 in der EU-normierten Messingsorten ist CW 612 N (ältere Bezeichnungen MS 58 und CuZn39Pb3) für die Spanbarkeit in der Fräsmaschine optimal. Diese Sorte weist ein heterogenes Gefüge aus $(\alpha+\beta)$ -Mischkristallen auf, wobei die α -Phase in einem kubisch-flächenzentrierten und die β -Phase in einem kubisch-raumzentrierten Gitter kristallisieren. Blei ist in diesen Legierungen unlöslich und scheidet sich in fein verteilter Form – meist an den Korngrenzen – ab. Es wirkt kornfeinend auf das Gefüge und verbessert die Spanbarkeit.³

Festlegung des Fertigungsverfahrens und der benötigten Ausrüstung

Als geeignetes Fertigungsverfahren wurde das Fräsen als angesehen. Bei der Wahl der Maschinen musste berücksichtigt wer-

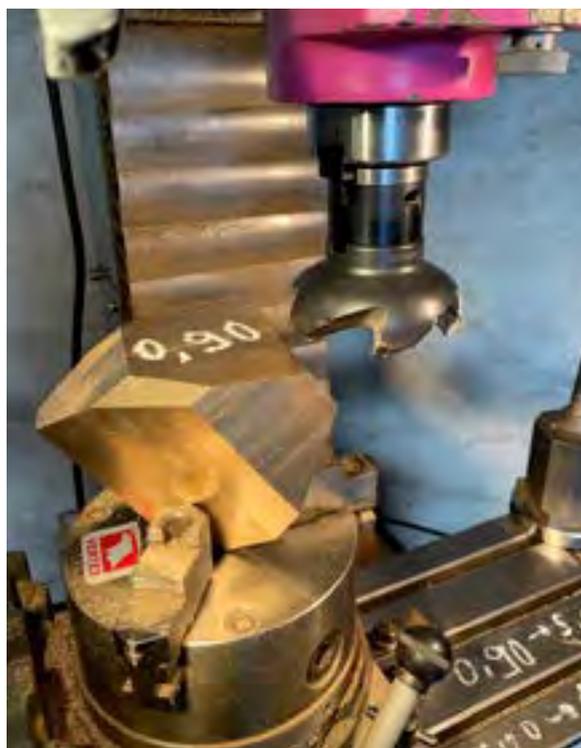
den, dass dem Autor nur ein 230 V-Elektroanschluss zur Verfügung stand. Unter den möglichen Maschinen wurde nach Bewertung der technischen Daten eine BF 30 Vario Bohr- und Fräsmaschine mit Steilkegel 30 mm bestimmt. Im Anschluss wurde das für die Bearbeitungsaufgabe notwendige Zubehör vom Erstautor selbständig zusammengestellt. Das betraf im Wesentlichen Werkzeuge, Spannmittel sowie Mess- und Prüfmittel.

Die wichtigsten Werkzeuge waren Planmessköpfe mit unterschiedlichem Durchmesser. In diesen Messerköpfen wurden die „Schneiden“ in Form von Wendepplatten eingeschraubt. Diese Wendepplatten können durch Drehen (Wenden) mehrfach benutzt werden (im speziellen Fall 4-fach). Je nach der Art des Messerkopfs kamen Wendepplatten mit kreisförmigem oder quadratischem Querschnitt zum Einsatz. Über eine digitale Anzeige war die vertikale Spantiefe auf 0,01 mm genau einstellbar.

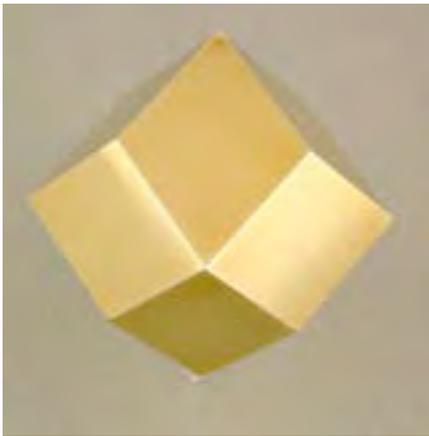
Die für die Maschine angegebenen Fahrwege für die X-Achse von 450 mm, für die Y-Achse von 200 mm und die Z-Achse von 470 mm reduzieren sich durch die eingesetzten Werkzeuge, die Spannmittel, das zu bearbeitende Modell und ggf. eine Schrägstellung der Frässpindel. Das bedingte eine präzise Vorbereitung des technologischen Ablaufs. An Spannmitteln seien hier der Präzisionsmaschinenschraubstock (360° dreh- und 45° kippbar), ein Teilkopf und Reitstock zur Aufnahme runder Rohlinge, Anschlagswinkel, diverse Spannschrauben und -eisen, Kipptisch und Schraubzwingen genannt. Die wichtigsten Mess- und Prüfmittel waren ein elektrisches Winkel- und Höhenmessgerät, ein elektronischer Taster, ein Satz Mikrometerschrauben, Schiebellehre und Messuhren mit Ständer.

Bei der Bearbeitung war zu beachten, dass in der Grundeinstellung eine (0 0 1)-Fläche⁴ entsteht. Das heißt, das Modell war so zu transformieren, dass es unter Nutzung der Variabilität der Spannmittel bzw. Schrägstellung der Frässpindel (ist plus/minus 45° schwenkbar) die Lage entsprechend der Millerschen Indizes der zu bearbeitenden Fläche erhält.

Das nebenstehende Bild zeigt die Bearbeitung zu einem Tetraeder⁵ als Vorstufe zu einem Deltoiddodekaeder⁶. Die (1 1 1)-Fläche des Tetraeders ist in eine (0 0 1)-Stellung zur Bearbeitung auf der Fräsmaschine transformiert. Analog wäre z. B. auch bei der Fertigung einer (1 1 1)-Fläche eines Oktaeders⁷ zu verfahren. Bei höher indizierten Flächen wird oft eine Schrägstellung der Frässpindel und eine Drehung des Modells um die



Fertigung eines Tetraeders als Vorstufe zu einem Deltoiddodekaeder



Rhombendodekaeder



Tetraetisches Pentagontetraeder



Pentagondodekaeder



Deltoiddodekaeder

Z-Achse der Maschine erforderlich.

Ein weiterer Grundsatz zur Sicherung der Genauigkeit ist, dass das Modell von der einfachen Form zur komplexeren zu entwickeln ist, z. B. das Hexakisoktaeder⁸ über Hexaeder⁹ und Rhombendodekaeder¹⁰. Dadurch werden Fehlerketten minimiert und die einzelnen Schritte gut kontrollierbar. Im Gegensatz dazu würde eine Fertigung mit fortlaufender Folge der Flächen zu unkontrollierbaren und sich von Fläche zu Fläche addierenden Fehlern führen. Für ein Hexakisikosaeder¹¹ ergäbe sich bei der Annahme von einem Fehler je Arbeitsschritt von nur 0,01 mm eine Differenz in der Größenordnung von mehr als 1,00 mm. Damit würde das angestrebte Bearbeitungsziel verfehlt, was es zu vermeiden gilt.

Oberflächenbearbeitung

Grundsätzlich folgt dem Fräsen das Schleifen und Polieren der Modelle. Bei Modellen mit vielen kleinen Flächen kann zum Vermeiden des Abrundens von Kanten und Ecken ggf. darauf verzichtet werden. Da die Messingmodelle sich nach dem Fräsen sehr bald mit einer Oxidschicht überziehen, ist eine Oberflächenbehandlung notwendig.



Disdodekaeder



Kombination eines Hexaeders mit einem Rhombendodekaeder

Versuche mit einem Epoxidharzüberzug, analog der Verfahrensweise bei Blechblasinstrumenten, verliefen unbefriedigend. Zum einen mussten in die Modelle Bohrungen zur Aufhängung im Spritzkäfig angebracht werden, zum zweiten tropfte das Epoxidharz bis zur Verfestigung von den Flächen. Somit nahm die Stärke der Epoxidharzschicht von oben nach unten zu. Dieser Effekt war nach dem Aushärten sichtbar. Die Lösung des Problems lag in der Anwendung galvanischer Verfahren.

Galvanisieren

Bei dem gewählten galvanischen Verfahren stellte das Modell die Kathode dar, das Anodenmaterial bestand aus Platin oder Titan, als Elektrolyt wurde Kaliumdicycanoaurat¹² verwendet. Er enthält ca. 67–68 % Au, außerdem Co, Ni, Zitronensäure, sowie verschiedene Komplexe als Glanzbildner, zur Verbesserung der Haftung der Goldschicht sowie der Erhöhung ihrer Festigkeit.

Die Schichtdicken betragen ca. 0,15 µm für Gold und ca. 2 µm für Nickel. Die Nickelschicht wurde vor der Vergoldung aufgetragen, um die Diffusion von Au-Atomen in das Messing zu verhindern. Die Zeitdauer des Galvanisierens im Bad betrug für das Vernickeln ca. 30 Minuten und für das Vergolden ca. 2 Minuten. Diese Parameter waren auf die verwendeten Elektrolyte abgestimmt und mussten zur Vermeidung von Missfarbigkeiten genau eingehalten werden. Das Modell wurde im Elektrolyten in einem Gestell, das entsprechend angepasst ist, fixiert. Dieses bestand aus einem mit einem chemikalienresistenten Kunststoff überzogenen Metall. Über Kontaktdrähte wurde der Strom zum Werkstück geleitet und gleichzeitig dessen Lage fixiert.

Derzeitiger Stand und Ausblick

In der Ausstellung „Mineralogischen Sammlung Deutschland“ im Krügerhaus sind aktuell die sieben Kristallmodelle ausgestellt, die im Schlosshof in zweidimensionaler Projektion umgesetzt worden sind: das Rhombendodekaeder, das Deltoidikositetraeder¹³, das Pentagondodekaeder¹⁴, das Disdodekaeder¹⁵, das Deltoiddodekaeder, das Tetraetische Pentagontetraeder¹⁶ und eine Kombination eines Hexaeders mit einem Rhombendodekaeder.

Seit 2012 wurden zahlreiche weitere Modelle angefertigt. Sie umfassen 13 Formen des kubischen, neun des tetragonalen, acht des hexagonalen, acht des trigonalen und vier des orthorhombischen Kristallsystems, sowie die fünf Modelle der Platonischen Körper¹⁷, 13 Archimedische und sieben der 13

Catalanischen Körper sowie ein Modell aus Elektrolytkupfer und eines aus Aluminium. All diese Körper haben das gleiche Volumen von 100 cm^3 bzw. eine Masse von 850 g .

Die Kristallmodelle zählen heute zu den attraktivsten Ausstellungstücken im Krügerhaus. Sie ziehen mit ihrer Goldbeschichtung und Formgebung die besondere Aufmerksamkeit der Besucher auf sich und haben gleichzeitig einen hohen didaktischen Wert.

Peter Einenkel sei für die Initiative, solch außergewöhnliches Anschauungsmaterial, das zur Illustration der verschiedenen Kristallformen dient, angefertigt zu haben ebenso wie Frau Dr. Krüger für die bereitwillige Aufnahme dieser Modelle in die Sammlungen des Krügerhauses gedankt.

- 1 Pedion, Pinakoid, Sphenoid, Doma, Prisma, Pyramide, Trapezoder, Skalenoder, Hexaeder, Tetraeder, Oktaeder, Dodekaeder
- 2 Das kubische Kristallsystem ist das höchstsymmetrische und folgte den drei wirtligen Systemen trigonal, tetragonal und hexagonal. Die niedrigste Symmetrie hat das trikline Kristallsystem, dem sich das monokline und dann das rhombische anschließen.
- 3 https://kupfer.de/wp-content/uploads/2019/09/i_messing02.pdf
- 4 Die mathematische Beschreibung der Lage ei-

ner Kristallfläche erfolgt durch die Millerschen Indices $(h \ k \ l)$. Es sind ganze Zahlen, die den Flächennormalenvektor H , einen Vektor im reziproken Kristallsystem, beschreiben. $(0 \ 0 \ 1)$ bedeutet, dass diese Fläche parallel zur kristallographischen a - und zur b -Achse liegt. Im kubischen Kristallsystem, wie hier, steht sie auch senkrecht auf der c -Achse. Welche Flächenform sich ausbildet, hängt entscheidend von der Symmetrie ab. So ist $(0 \ 0 \ 1)$ im kubischen Kristallsystem immer eine Hexader- bzw. eine Würfelfläche, im tetragonalen oder orthorhombischen z. B. ein Pedion (eine einzelstehende Fläche) oder ein Pinakoid (ein Paar aus zwei parallelen Flächen).

- 5 Ein Tetraeder ist ein Körper, der aus vier gleichseitigen Dreiecken besteht und nur dann auftritt, wenn kein Inversionszentrum, aber polare Achsen vorliegen. Die Millerschen Indices sind $(1 \ 1 \ 1)$.
- 6 Ein Deltoiddodekaeder ist ein Körper, der aus zwölf Drachenvierecken (Deltoid) besteht und nur dann auftritt, wenn kein Inversionszentrum und keine vierzählige Achse vorliegt. Die Millerschen Indices sind $(h \ h \ l)$ mit $h > l$.
- 7 Ein Oktaeder ist ein Körper, der aus acht gleichseitigen Dreiecken besteht und nur dann auftritt, wenn ein Inversionszentrum oder sechs zusätzliche zweizählige Achsen bzw. keine polaren Achsen vorliegen. Die Millerschen Indices sind $(1 \ 1 \ 1)$.
- 8 Ein Hexakisoktaeder ist ein Körper, der aus 48 gleichschenkligen Dreiecken besteht und nur dann auftritt, wenn ein Inversionszentrum und drei vierzählige Achsen vorliegen. Die Millerschen Indices sind $(h \ k \ l)$.
- 9 Ein Hexaeder ist ein Körper, der aus sechs Quadraten besteht (Würfel) und im kubischen Kristallsystem auf-

tritt. Die Millerschen Indices sind $(1 \ 0 \ 0)$.

- 10 Ein Rhombendodekaeder ist ein Körper, der aus zwölf Rhomben besteht und im kubischen Kristallsystem auftritt. Die Millerschen Indices sind $(1 \ 1 \ 0)$.
- 11 Ein Hexakisikosaeder ist ein Catalanischer Körper und keine Kristallform. Er besteht aus 120 gleichen, aber unregelmäßigen Dreiecken.
- 12 Auch Kaliumgoldcyanid, $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$.
- 13 Ein Deltoidikositetraeder bzw. ein Ikositetraeder ist ein Körper, der aus 24 Drachenvierecken (Deltoid) besteht und nur im kubischen Kristallsystem auftritt und nur dann als solcher gilt, wenn ein Inversionszentrum oder sechs zusätzliche zweizählige Achsen vorliegen. Die Millerschen Indices sind $(h \ l \ l)$ mit $h > l$.
- 14 Ein Pentagondodekaeder ist ein Körper, der aus zwölf Fünfecken besteht, die aber nur vier gleichlange Kanten haben und sich somit vom Archimedischen Pentagondodekaeder unterscheiden. Er tritt nur dann auf, wenn keine vierzähligen Achsen bzw. Drehinversionsachsen vorliegen. Die Millerschen Indices sind $(h \ l \ 0)$.
- 15 Ein Disdodekaeder ist ein Körper, der aus 24 unregelmäßigen, aber gleichen Vierecken besteht und im kubischen Kristallsystem auftritt und nur dann als solcher bezeichnet wird, wenn ein Inversionszentrum und keine vierzählige Achse auftreten. Die Millerschen Indices sind $(h \ k \ l)$.
- 16 Ein Tetraedrisches Pentagondodekaeder ist ein Körper, der aus zwölf unregelmäßigen, aber gleichen Vierecken besteht und im kubischen Kristallsystem auftritt und nur dann als solcher gilt, wenn kein Inversionszentrum und keine vierzählige Achse auftreten.
- 17 Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, (Pentagon-)Dodekaeder, Ikosaeder

Verdienstorden der Bundesrepublik für Dr. Erika Krüger

Pressestelle TU Bergakademie Freiberg

Ministerpräsident Kretschmer überreichte am 19. April den Verdienstorden der Bundesrepublik an Dr. Erika Krüger und sieben weitere Personen.

Dr. Erika Krüger erhält die Würde für Ihre Verdienste um die Förderung der TU Bergakademie Freiberg und die Entwicklung der Stadt Freiberg. Der Vorschlag für die Verleihung an Dr. Erika Krüger wurde vom Rektorat der TU Bergakademie Freiberg beim Bundespräsidenten eingereicht. Nach dem Tod ihres Ehemanns Peter Krüger übernahm sie im Jahr 2007 den Vorstandsvorsitz der Dr. Erich-Krüger-Stiftung. Bereits seit 2006 erwirtschaftet die Stiftung jährlich über eine Million Euro, die die TU Bergakademie Freiberg für praxisnahe Forschung erhält. Ziel ist es, die regionale Wirtschaft zu stärken und neue Arbeitsplätze zu schaffen. Mit eigenen privaten Mitteln hat Erika Krüger das Chile-Haus-Freiberg in der Brennhausgasse errichtet und die Sanierung des Amtshauses des Schlosses Freudenstein ermöglicht, um dieses zur Heimstätte einer weltweit bedeutenden mineralogischen Privatsammlung, dem Krügerhaus, werden zu lassen.

TU-Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht gratulierte Dr. Erika Krüger anlässlich der Verleihung in Dresden: „Die Krüger-Stiftung und Frau Dr. Krüger ermöglichen der TU Bergakademie Freiberg, hochaktuelle Schwerpunkte mit Bezug zur regionalen Wirtschaft zu setzen und damit einen Beitrag zur nachhaltigen Ressourcensicherung der Zukunft zu leisten. Darüber hinaus setzt sich Dr. Erika Krüger mit allen Kräften für die Bergakademie ein und ist Botschafterin für unsere Universität weit über die Grenzen Sachsens hinaus. Ihr ausgeprägter und vielfältiger Einsatz für die Wissenschaft sowie für Studierende und junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an unserer Universität zeichnen sie ganz besonders aus. Wir freuen uns über diese verdiente Auszeichnung und sind

ihr für ihr Engagement sehr dankbar.“

In 2022 starteten neue von der Stiftung geförderte Forschungsprojekte. Ein neueres Ergebnis aus der von der Stiftung geförderten Forschung ist ein Patent für ein alternatives und nachhaltiges Verfahren zur Gewinnung strategischer Metalle aus Erzen.

2012 erhielt Dr. Erika Krüger den Sächsischen Verdienstorden, seit 2017 ist sie Ehrensatorin der TU Bergakademie Freiberg.



Ministerpräsident Kretschmer überreicht den Verdienstorden der Bundesrepublik Deutschland an Dr. h.c. Erika Krüger.

Foto: Pawel Sosnowski

Die Stiftung „Christian Grosse Geschichtsbibliothek“

Marianna Klęcinska



Vorher



Nachher

Am 13. November 2019 wurde die Stiftung „Christian Grosse Geschichtsbibliothek“ (weiter nur Bibliothekstiftung) durch Herrn Alfred Christian Grosse gegründet. Der in Chemnitz geborene Herr Grosse engagiert sich seit vielen Jahren in diversen Bereichen an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg.

Sein Engagement in Freiberg und sein großes Interesse für historische Bücher war der Antrieb für die Gründung der Bibliothekstiftung, um Geschichtsforschung und deren Lehre an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg zu fördern sowie deren Durchführung zu unterstützen.

Die Bibliothekstiftung ist eine gemeinnützige, nicht rechtsfähige unselbständige Stiftung in Verwaltung der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Diese Stiftung wurde zur Förderung der Bildung und der Erziehung, Volks- und Berufsbildung einschließlich der Studentenhilfe errichtet.

Weiterhin stärkt die Bibliothekstiftung die Lehre und Forschung an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg durch die Erhaltung, den Erwerb und die Verfügbarkeitshaltung für die Öffentlichkeit von wissenschaftlicher Literatur der Geschichte, insbesondere zur sächsischen Geschichte. Die Zwecke der Stiftung werden aus den erwirtschafteten Erträgen finanziert.

Die Bibliothek soll insbesondere für Mitglieder und Angehörige der TU Bergakademie Freiberg für geschichtliche Forschung, historisch wissenschaftliche Arbeiten, schulische Zwecke, Studium und Bildung, genealogische Forschungen sowie für kulturelle Interessen kostenlos zugänglich sein. Die Geschichtsbibliothek ermöglicht den Erwerb von Büchern als Annahme von Sachgeschenken von natürlichen sowie juristischen Personen des privaten und öffentlichen Rechts.

Der Stiftungszweck wird vorzugsweise durch die Förderung der Geschichtsforschung insbesondere von Sachsen, der Heimatgeschichte allgemein, der geschichtlichen Bildung der Bevölkerung sowie das dazugehörige Geschichtsbewusstsein und die Förderung des Heimatlichen verwirklicht. Andererseits konzentriert sich die Bibliothekstiftung auch auf das Erwerben und Archivieren alter sowie neu erscheinender Stadt-, Orts-, Dorf- und Gemeindechroniken, insbesondere sächsischer Chroniken im Rahmen der Spezialbibliothek der „Christian Grosse Geschichtsbibliothek“.

Dank der Stiftung Geschichtsbibliothek wurde Anfang des Jahres 2023 das Buch „Historische Bibliothek von Ober-Sachsen und einigen angrenzenden Ländern“ von Georg Christoph Kreysing aus dem Jahr 1732 restauriert. Die Schäden am Buch, etwa Flecke, Knicke, Risse etc. wurden entfernt. Die Restaurierungskosten in Höhe von 690,00 € wurden durch die Stiftung „Christian Grosse Geschichtsbibliothek“ finanziert.

Forschung



Foto: Andreas Hiekel

Die Spülhalde Hammerberg ist das Hauptabsatzbecken des ehemaligen Freiburger Bergbaus

Wasseraufbereitung in Bergbaufolgelandschaften

Ein neues Forschungsprojekt der TU Bergakademie Freiberg untersucht Sickerwasser in der Montanregion Erzgebirge-Krušnohoří, um mit einem innovativen Wasserbehandlungsverfahren Schadstofflasten aus dem Wasser zu entfernen. Im Rahmen des Projekts wird am Abfluss des Haldensickerwassers der Spülhalde Hammerberg, dem Hauptabsatzbecken des Freiburger Bergbaus, eine innovative Pilotanlage zur effizienten und kostengünstigen Wasseraufbereitung errichtet. Mit dem neuen Verfahren, welches hier entwickelt und getestet wird, soll die Verschleppung toxischer Schwermetalle wie zum Beispiel Cadmium, Nickel und Zink in das Flusssystem

der Freiburger Mulde verhindert und damit ein Beitrag zur Verbesserung der Gewässer bergbaugeprägter Regionen und zur Sicherung der Qualität des Wassers geleistet werden. Die Wasserbehandlungsanlage besteht aus mehreren chemischen und biologischen Stufen und erlaubt damit eine selektive Abtrennung verschiedener gelöster Stoffe durch Fällung und Akkumulation. Nach der erfolgreichen Pilotphase bei Freiberg kann sie auch in anderen ehemaligen Bergbauregionen zum Einsatz kommen.



Foto: Andreas Hiekel

Probe der eingesetzten Mikroben zur selektiven Ablösung der Schadstoffe



Foto: Andreas Hiekel

Abfluss des Haldensickerwassers der Spülhalde Hammerberg

FineFuture – Wird die Zukunft wirklich fein?

Europäisches H2020-Projekt FineFuture erfolgreich abgeschlossen

Stefan Dirlich

Einführung

Das Projekt FineFuture, das sich von Mitte 2019 bis Ende 2022 mit innovativen Ansätzen in der Flotationstechnologie beschäftigte, wurde von der Europäischen Union im Rahmen des Horizon2020-Programms unter der Forschungsnummer 821265 (*grant agreement No. 821265*) gefördert und zielte darauf ab, die Gewinnung von schwerpunktmäßig kritischen Rohstoffen aus feinsten Partikeln zu erhöhen.

Ein Konsortium aus insgesamt 16 akademischen und industriellen Partnern unter Führung des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf, das einen großen Teil der relevanten Experten in Europa auf dem Gebiet der Flotationforschung vereinte, untersuchte einerseits die Grundlagen der Flotation von ultrafeinen Partikeln, um ein besseres Verständnis für die fundamentalen Prozesse zu gewinnen, und andererseits die Möglichkeiten von technologischen Verbesserungen in der Flotationstechnologie mit dem Ziel diese in Pilotanlagen zu implementieren. Der Forschungsansatz im Projekt war stark inter- und transdisziplinär geprägt und die vereinten Kompetenzen aus der Kolloid- und Grenzflächenwissenschaft, der Fluidmechanik, der Physik, der Mineralaufbereitung, der Verfahrenstechnik, des Chemieingenieurwesens, der Computerwissenschaften und der höheren Mathematik sollten dafür sorgen die folgenden Ziele zu erreichen: 1. Entwicklung eines durchschlagenden Konzepts, Generierung von neuem Wissen und Erarbeitung von Lösungen in der Grenzflächentechnologie; 2. Nachweis der Machbarkeit und bahnbrechende, sektorenübergreifende Technologien für zukünftige Innovationen auf dem Gebiet der Gewinnung von (kritischen) Rohstoffen aus Partikeln; 3. Optimierung der Prozesse zur Erzielung von 20 % Energieeinsparung und 30 % Wassereinsparung gegenüber konventionellen Technologien und 4. Bewertung der Umweltwirkungen mittels Lebenszyklusanalyse.

Flotation

Ein nicht unerheblicher Teil der modernen Aufbereitung von Erzen erfolgt mittlerweile mittels der Flotationstechnologie, die vor über 140 Jahren in Dresden zur Aufbereitung von Graphit erfunden wurde. Dabei ist die Flotation ein ausgesprochen komplexer Prozess und ein aus wissenschaftlicher Sicht interessantes mehrskaliges und damit auch interdisziplinäres Unterfangen mit großem bislang noch verstecktem Potenzial. Mehrskalig bedeutet, dass es im Nanobereich zu Interaktionen zwischen Blasen und Partikeln kommt, während im mittleren Bereich der örtlich auftretende Schlamm die Kollisionen zwischen Blasen und Partikeln beeinflusst.

Schließlich erzeugt die gesamte in-

genieurtechnische Gestaltung des Flotationssystems auf der Makroebene eine Zonierung innerhalb der Flotationszelle mit jeweils unterschiedlichen Prozessen. Genau an diesen Punkten setzte das Projekt FineFuture an, um getrieben von diesen Phänomenen die physikalisch-mathematischen Grundlagen zu erforschen und darauf basierend innovative Technologien zur Flotation feiner und feinsten Partikel zu entwickeln.

Fortschritte im Grundlagenverständnis

Ein wichtiger Baustein, um die Grundlagen bei den Grenzflächenprozessen besser zu verstehen, war die Entwicklung einer innovativen Methodik, um die Interaktionen zwischen Drückern, Kollektoren und Mineralien zu beschreiben. Im Rahmen dessen entdeckten die Forschenden auch eine Verbesserung der Selektivität der Flotation und fanden heraus, dass nicht-ionisierte Additive zu einem signifikanten Abfall des Verbrauchs am Kollektor führen. Weiterhin wurden die bislang genutzten Modelle für Partikel-Blasen-Kollisionen, die zahlreiche Inkonsistenzen aufzeigten, dahingehend verbessert, indem ein neues Berechnungsmodell aufgestellt wurde, das zu vereinfachten algebraischen Modellen führt. Ein weiterer untersuchter Aspekt der Flotationstechnologie waren die Schaumbilder. Dabei wurden Schaumbildung und Schaumstabilität von kationischen und anionischen Sammlern mit bekannten Erkenntnissen verglichen. Es zeigte sich, dass der neue Kollektor Hexylamine die elektrostatische Attraktion zwischen Blasen und silikat-basierten Partikeln erhöht.

Schließlich wurde ein Rahmen zur Kombination des Stoffmodells mit dem Schaummodell des Flotationsprozesses modelliert und der makroskopische Flotationsprozess numerisch simuliert, was nicht nur eine Grundlage für die weitere Optimierung komplexer Strömungsvorgänge darstellt, sondern auch die Vorhersage der Flotationsraten ermöglicht. Abbildung 1 zeigt einen Schnappschuss des *Computational Fluid Dynamics* (CFD)-Simulators, mit dessen Hilfe sich die Strömungsmechanik rechnergestützt simulieren lässt.

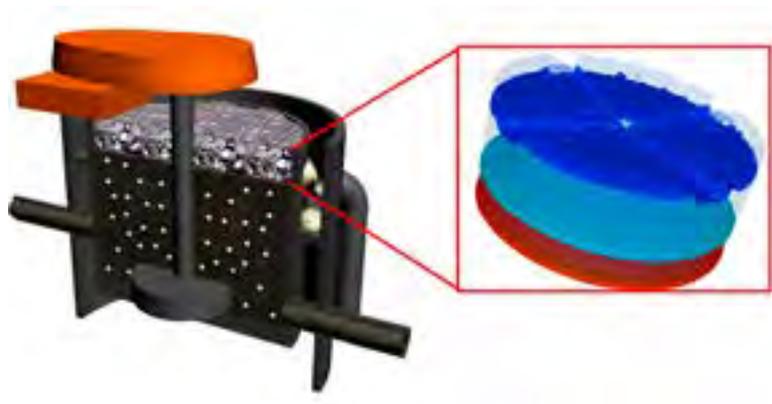


Abb. 1: Schnappschuss der simulierten Schaumphase mit dem Schaumphasen-CFD-Simulator (eigene Darstellung)

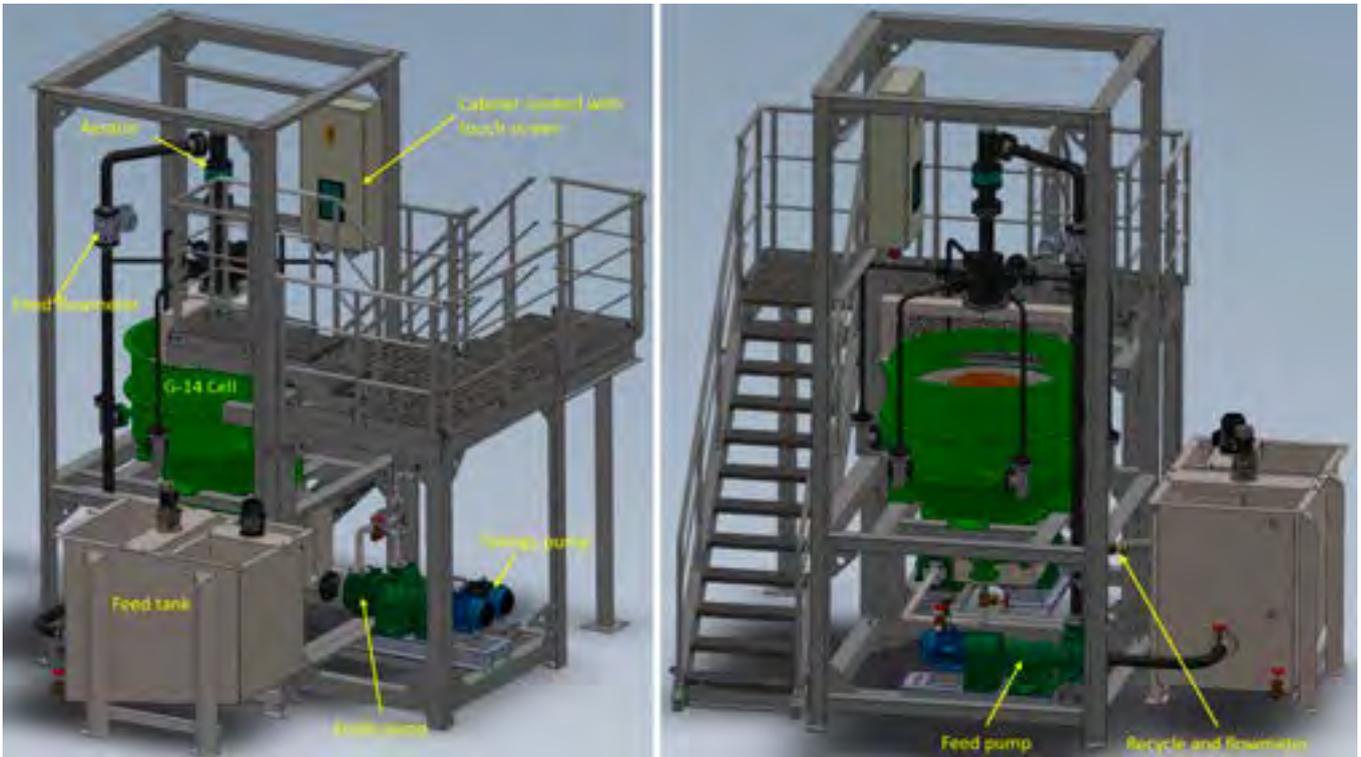


Abb. 2: Schematische Zeichnung der verbesserten pneumatischen Flotationszelle im Pilotmaßstab (eigene Darstellung)

Verbesserungen der Flotationstechnologie

Es konnte nicht nur ein verbessertes Grundlagenverständnis erlangt, sondern auch eine Übertragung dieser Erkenntnisse auf die Auslegung der Flotationstechnologie ermöglicht werden. Die Verbesserungen wurden dadurch erleichtert, dass technologieorientierte Industriepartner eingebunden waren, die entsprechende Erfahrungen einbringen konnten. Aber auch die Bergbauunternehmen stellten bei der Technologieverbesserung einen wichtigen Faktor dar und zwar nicht nur als Materiallieferanten, sondern insbesondere auch aufgrund ihrer Expertise im Bereich der Mineralogie und Charakterisierung.

Eine dieser Optimierungen betraf beispielsweise die Erzeugung von Mikroblasen. Die Flotationstests, die mit einem Luft-in-Wasser-Mikrodispersions-Generator durchgeführt wurden, zeigten, dass sich die Zugabe von Mikroblasen günstig auf die Gewinnung von Partikeln auswirken. Zudem wurden insgesamt drei verschiedene pneumatische Reaktoren gebaut und im Hinblick auf den sich ergebenden Druckabfall analysiert und die beste Variante dann für die Umsetzung in der Pilotanlage ausgewählt.

Die technologischen Verbesserungen wurden alle zunächst im Labor getestet und im Falle, dass sich die Ergebnisse als vielversprechend herausstellten, auf Pilot- und sogar (semi)-industriellen Maßstab hochskaliert (s. Abbildung 3). Damit wird sichergestellt, dass die erzielten Ergebnisse auch wirklich umgesetzt werden können. Im Falle des FineFuture-Projekts wurden schon während der Projektlaufzeit Pilot- und Industrieanlagen gebaut, die tatsächlich bei den beteiligten Bergbauunternehmen erfolgreich im Einsatz waren.

Zusätzlich wurden die relevanten Arbeiten einer Lebenszyklusanalyse unterzogen, konkret die Flotation und Mineralfällung, um die Besonderheiten des untersuchten Sektors zu identifizieren. Dazu wurden vier Fallstudien

identifiziert, die verschiedene Mineralien, unterschiedliche Quellen und diverse Aufbereitungsanlagen umfassten. Mit diesen Analysen der innovativen FineFuture-Technologie konnte zwar die grundsätzliche Nachhaltigkeit bestätigt werden, allerdings waren die Ergebnisse nicht ganz so eindeutig, wie vorher erwartet, auch weil sich die Verfügbarkeit von Daten als schwierig herausstellte. Dennoch zeichnet sich ab, dass bei Anwendung der innovativen FineFuture-Flotation die Energieeffizienz höher und der Wasserverbrauch insgesamt geringer sein wird.

Kommunikation

Neben den wissenschaftlichen Erfolgen und der praxisnahen Umsetzung war auch die Vermittlung der erzielten Ergebnisse ein wichtiger Teil und großer Erfolg des Projekts. Nicht nur, dass über 50 Artikel zu den Ergebnissen in FineFuture in zumeist hochkarätigen Zeitschriften mit peer-review-Verfahren erschienen sind, sondern auch Stakeholder und die breitere Öffentlichkeit wurden über die Forschungsergebnisse informiert. Nicht zuletzt auf europäischer (politischer) Ebene wurden seitens des HZDR als koordinierendem Partner zahlreiche Veranstaltungen besucht und die im Rahmen von FineFuture erzielten Ergebnisse verbreitet, um dafür zu werben, die Forschung auf diesem Gebiet im Hinblick auf eine größere Unabhängigkeit Europas von Rohstoffimporten weiter zu fördern.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem europäischen Projekt FineFuture konnte die Forschung auf dem Gebiet der Flotationstechnologie – insbesondere bezogen auf die pneumatische Flotation – deutlich vorangetrieben werden. Dabei sind vor allem die Umsetzung der grundlegenden Erkenntnisse im Hinblick auf die treibenden Kräfte der Flotation, die optimierte Auswahl von Reagenzien und die verbesserte Gestaltung der Flotations-

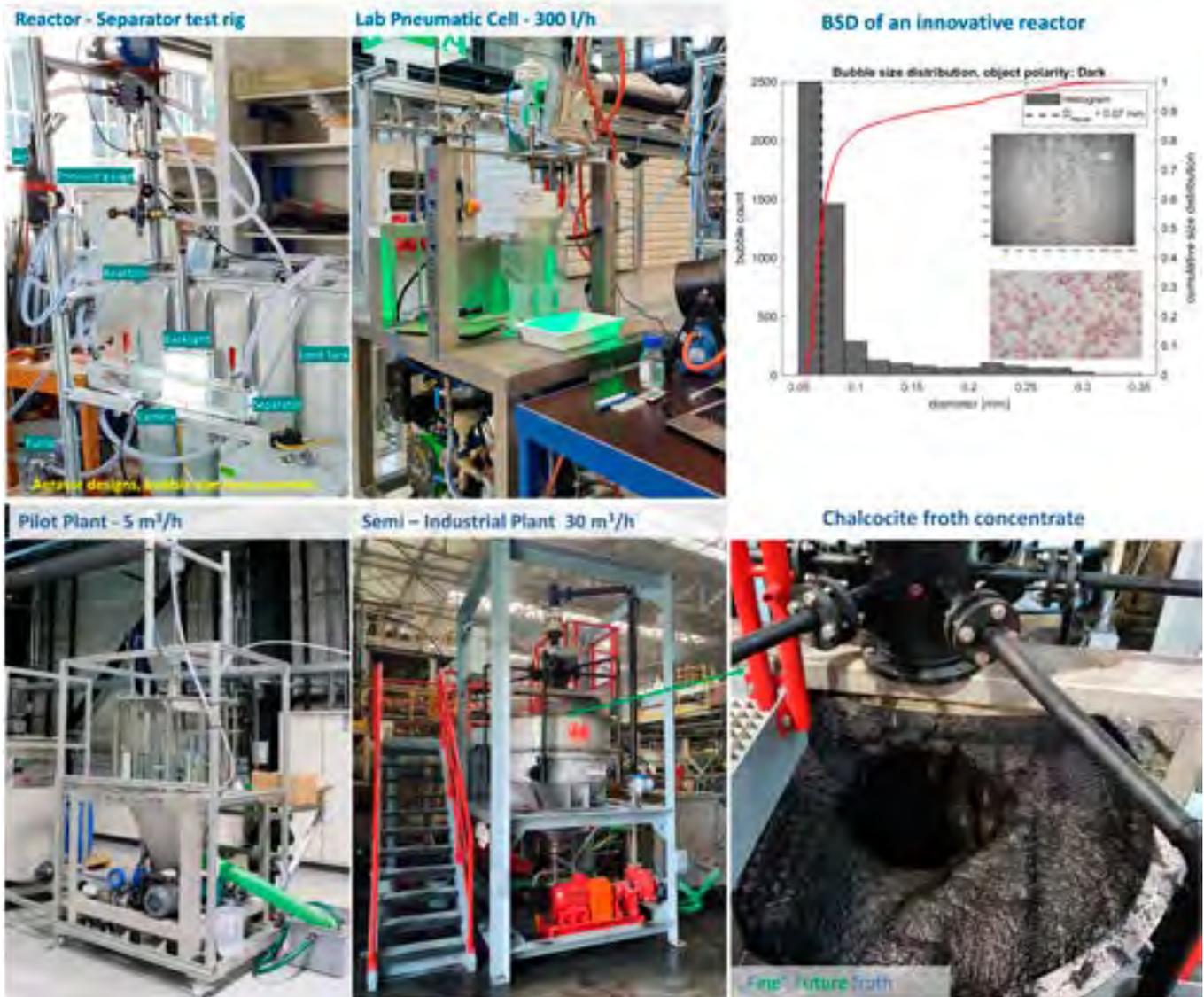


Abb. 3: Pneumatische Flotationszellen vom Labor- über Pilot- hin zum (Semi-)Industriemaßstab (Fotos: Duong Hoang Huu)

zellen bedeutende Ergebnisse des Projekts. Wichtig ist es zu verstehen, dass es keine für alle Mineralien allgemeingültige Formel für Reagenzien gibt. Für eine effiziente und effektive Gewinnung von Mineralien mittels Flotation sind spezifische, auf die Eigenschaften der Mineralien angepasste Formulierungen der Reagenzien erforderlich. Weiterhin ist ein ganz klares Ergebnis der Forschungen, dass die Blasenherstellung ein sehr stark vom Reaktor abhängiger Prozess ist. Einschränkend muss gesagt werden, dass die Möglichkeiten einer weitergehenden optischen Diagnostik experimenteller Untersuchungen zu den Kollisionen von Blasen und Partikeln unter turbulenten Bedingungen derzeit noch äußerst begrenzt sind, so dass auf diesem Gebiet weitere Anstrengungen unternommen werden sollten, um die Grenzflächenprozesse noch besser zu verstehen. Bei den Multiphasen-Simulationen, die die im Projekt FineFuture durchgeführten innovativen und komplexen Flotationskinetiken berücksichtigen sollten, zeigte sich, dass diese mittels *Computational Fluid Dynamics-Simulation* nur teilweise effektiv waren. Und schließlich - und das ist eigentlich das wichtigste Ergebnis - hat sich herausgestellt, dass der FineFuture-Ansatz mit pneumatischer Flotationszelle zu arbeiten, sehr vielversprechende Ergebnisse für die Gewinnung

ultrafeiner Partikel erbracht hat. Damit konnten die allermeisten der versprochenen Ergebnisse geliefert werden, dennoch ist weitere Forschungsarbeit nötig, um die theoretischen und ingenieurtechnischen Erkenntnisse weiter zu verfeinern, wie zum Beispiel den effizienten und effektiven Einsatz von Reagenzien und anderen erforderlichen Chemikalien auf Grundlage von großskaligen Versuchen weiter zu optimieren.

Das Konsortium plant dementsprechend zukünftig in ähnlicher Konstellation weitere EU-Anträge stellen, um die Forschungsarbeiten in diesem wichtigen Bereich voranzutreiben und die Gewinnung kritischer Rohstoffe weiter zu verbessern. Neben Primärrohstoffen werden dabei zunehmend auch sekundäre Ressourcen in den Blick genommen, um zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beizutragen und die Verfügbarkeit von kritischen Rohstoffen in Europa zu sichern.

Kontakt:
s.dirlich@hzdr.de

Wasserstoff in der Stahlindustrie

Lukas Neubert, Oleksandr Kovtun, Olena Volkova

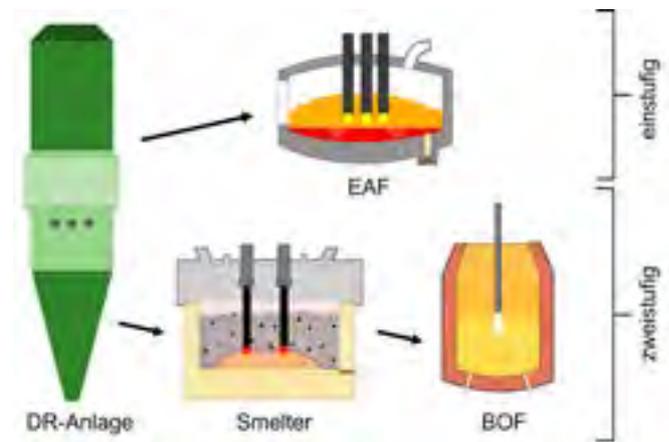
Stahl ist als Werkstoff aus unserer modernen Gesellschaft nicht wegzudenken. Die Stahlindustrie spielt als deutsche Basisindustrie eine bedeutende Rolle, da die Eisen-Kohlenstoff-Legierung in so zahlreichen Bereichen wie beispielsweise im Bauwesen, im Transportwesen, im Energie- und im Automobilsektor eingesetzt wird. Diese Omnipräsenz zeigt, wie wichtig es ist, sich auch in Zukunft mit dem Thema Stahlerzeugung auseinanderzusetzen. Jeder kommt täglich mit Stahl in Berührung, oftmals nur latent, ohne es zu bemerken. Wovon ebenso nur manche wissen: Stahl ist zu 100 % recyclebar und ermöglicht es daher, perfekt im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu agieren. Aktuell sind auf dem Markt über 3500 verschiedene Stahlsorten vertreten [1]. Diese unterscheiden sich teils stark in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften. Je nach Anwendungsgebiet werden genau diese Eigenschaften präzise, für das gewünschte Produkt passend, eingestellt. Der enorme Bedarf an Stahl wird deutlich bei Betrachtung der aktuellen Produktionsmenge. Allein in Deutschland wurden im Jahr 2022 36,8 Millionen Tonnen Rohstahl erzeugt [2]. Damit ist Deutschland der größte Stahlproduzent der EU. Die bedeutendsten deutschen Stahlhersteller mit der größten Produktionsleistung sind dabei die thyssenkrupp Steel Europe AG, die ArcelorMittal Germany Holding GmbH und die Salzgitter AG. Weltweit wurden im letzten Jahr 1878,5 Millionen Tonnen Rohstahl hergestellt [3].



Einsatzbereiche von Stahl

Die Produktion kann prinzipiell durch zwei verschiedene Varianten erfolgen. Bei 72 % des weltweit hergestellten Stahls wird die „klassische“ primäre Produktionsroute mithilfe von

Hochöfen und Konvertern verwendet, welche wiederum für 92 % der verursachten CO₂-Emissionen in der Stahlindustrie verantwortlich ist [6]. Dabei werden hauptsächlich primäre Ressourcen, wie beispielsweise Eisenerze, aber auch Materialien wie Kalkstein verwendet. Die verbleibenden 28 % der Weltstahlproduktion entfallen auf die Erzeugung im Elektrolichtbogenofen, auf welche nur 8 % der CO₂-Emissionen der Stahlerzeugung entfallen [6]. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Stahl ausschließlich aus Schrott herzustellen. So werden primäre Ressourcen durch eine nachhaltigere Stahlproduktion gespart. Dies schützt unsere Umwelt, da durch die Verwendung sekundärer Ressourcen auch deutlich weniger CO₂ emittiert wird als bei der Hochofen-Konverter-Route. Dennoch ist letztere zwangsweise erforderlich, da auf dem Weltmarkt nicht genug Schrott im Umlauf ist, um den gesamten Stahlbedarf aus sekundären Ressourcen über die Elektrolichtbogenofen-Route zu decken [4]. Die größte heutige Herausforderung in beiden Herstellungsrouten ist die Verringerung von CO₂-Emissionen. Insgesamt werden in beiden Prozessrouten kumuliert 1,88 Tonnen CO₂ bei der Produktion einer Tonne Rohstahl freigesetzt [9]. Weltweit ist die Eisen- und Stahlindustrie verantwortlich für 7-9 % der industriellen CO₂-Emissionen und zählt damit zu den größten industriellen Quellen für CO₂ [4].



Zukünftige Stahlerzeugungsrouten

Wasserstoff bietet ein gewaltiges Potential zur Einsparung an CO₂-Emissionen, weshalb dieser in Zukunft breite Anwendung finden soll. Besonders bei den integrierten Eisenhütten in Deutschland, also genau diesen Betrieben, welche noch auf die Hochofen-Konverter-Route zur Stahlerzeugung zurückgreifen, wird in den nächsten Jahren eine gewaltige Transformation stattfinden. Die Reduktion der Eisenerze mit Wasserstoff ist bedeutend umweltschonender, da als Abgas anstatt CO₂ nur harmloser Wasserdampf entsteht. Jedoch sind die bestehenden Technologien dafür nicht geeignet und eine komplette Neugestaltung der Stahlwerke ist erforderlich.

Zurzeit existieren zwei Methoden in Bezug auf die Implementierung neuer wasserstoffbasierter Technologien zur Stahlherstellung. Der Transformationsprozess kann einstufig oder zweistufig gestaltet werden [7]. Eine einstufige

Transformation beschreibt die Substitution von Hochöfen und Konverter durch Direktreduktionsanlagen und Elektrolichtbogenöfen. Unternehmen wie die ArcelorMittal Germany Holding GmbH und die Salzgitter AG setzen auf diese Strategie. Die zweistufige Transformation benötigt ebenso die Substitution der Hochöfen durch Direktreduktionsanlagen. Im Gegensatz zur einstufigen Transformation bleiben bestehende Konverter vorhanden. Darüber hinaus sind bei dieser Strategie sogenannte Smelter („Einschmelzer“) erforderlich, welche zusätzlich gebaut werden müssen. Deutschlands größter Stahlerzeuger, die thyssenkrupp Steel Europe AG, plant mittlerweile eine solche zweistufige Transformation [8]. Je nach Produktpalette der Betriebe kann es von Vorteil sein, an den bestehenden Convertern festzuhalten. Nicht alle Stahlgüten lassen sich im Elektrolichtbogenofen herstellen. Aufgrund stark veränderter Prozessbedingungen im Konverter können in diesem metallurgischen Aggregat deutlich andere chemische Zusammensetzungen erzielt werden als im Elektrolichtbogenofen.

Weitere Unterschiede im Transformationsprozess macht die Technologie der Direktreduktion aus. Aktuell stehen verschiedene Anlagen zur Verfügung, welche auf unterschiedliche Art und Weise arbeiten. Die Salzgitter AG unterzeichnete im Jahr 2022 ein Memorandum of Understanding (MOU) mit dem Anlagenbauer Tenova. Die dort bestellte DRI-Anlage (Direct Reduced Iron Anlage) basiert auf der ENERGIRON-Technologie, welche die Anlagenbauer Tenova und Danieli gemeinsam entwickelt haben. Die Anlage ist auf eine Jahreskapazität von 2,1 Millionen Tonnen direkt reduziertem Eisenschwamm ausgelegt. [5] Andere Betriebe investieren wiederum in die MIDREX-Technologie. Es handelt sich ebenso um ein Schachtofenverfahren, durch welches DRI produziert wird. Im Gegensatz zur ENERGIRON-Technologie wird jedoch bei geringeren Drücken gearbeitet. Weiterhin wird das benötigte Reduktionsgas bei der MIDREX-Technologie in einem externen Reformer erzeugt.

Noch nie stand ein Industriezweig vor einer solchen großen und bedeutsamen Wende wie die Stahlindustrie heute. Neue Technologien bieten ein enormes Potential, um die kohlenstoffbasierte Stahlerzeugung hinter sich zu lassen und in Zukunft umweltfreundlicher mit Wasserstoff zu arbeiten. Diese Transformation ist bereits im Gange und bietet jedem, der daran mitarbeitet, herausragende Chancen die zukünftige „grüne“ Stahlproduktion in die Tat umzusetzen.



Eisenschwamm (Eisenerzpellets nach der Direktreduktion)

Referenzen

- [1] <https://worldsteel.org/about-steel/about-steel/>, 09.06.2023
- [2] <https://www.stahl-online.de/medieninformationen/rohstahlproduktion-in-deutschland-im-jahr-2022/>, 09.06.2023
- [3] <https://www.stahl-online.de/stahl-online-news/weltrohstahlproduktion-2022-zurueckgegangen/#:~:text=Die%20Rohstahlerzeugung%20der%2064%20L%C3%A4nder,t%20zur%C3%BCck,> 09.06.2023
- [4] G. Wimmer, J. Rosner, A. Fleischanderl: Steel Times International, April 2022, Vol. 46, No. 3, S. 58-61
- [5] Steel Times International, April 2022, Vol. 46, No. 3, S. 24
- [6] G.A. Brooks, S.A. Hornby: Steel Times International, January/February 2022, Vol. 46, No. 1, S. 33-37
- [7] Dr. Gerald Wimmer: Smelter - A new way for green Steelmaking, Primateals Technologies, Freiburger Stahltag, 07.06.2023
- [8] Dr. Daniel Schubert: Die CO₂-arme Stahlherstellung mittels Direktreduktion und Einschmelzer und Konverter bei thyssenkrupp Steel, thyssenkrupp Steel Europe AG, Freiburger Stahltag, 07.06.2023
- [9] Luengen, H.B., 2020. Wege zur Minderung von CO₂-Emissionen in der Stahl- und Eisenindustrie in Europa. August 2020 Stahlinstitut VDEH, Duesseldorf

Kontakt:

Institut für Eisen und Stahltechnologie, Leipziger Straße 34, 09599 Freiberg, lukas.neubert@iest.tu-freiberg.de, oleksandr.kovtun@iest.tu-freiberg.de, volkova@iest.tu-freiberg.de

Schiefergas-Ressourcen: Chancen und Risiken von Frac-Behandlung

Moh'd Amro, Carsten Freese

Bedingt durch ihre unterschiedliche Genese haben Muttergestein-Lagerstätten und Speichergestein-Lagerstätten unterschiedliche Permeabilitäten. Will man die Kohlenwasserstoffe in dem sehr niedrigpermeablen Muttergestein wirtschaftlich gewinnen, muss man die Lagerstätte stimulieren. Bei dieser sog. Frac-Behandlung wird eine mit Stützmitteln beladene viskose Flüssigkeit in die Zielformation gepresst, um Risse respektive neue Fließwege zu schaffen, wodurch sich zusätzlich die Oberfläche zwischen Formation und Fließweg vergrößert. In dem Artikel werden die Technologie, Sicherheitsaspekte

und die Bedeutung der Frac-Behandlung für Deutschland diskutiert.

Einleitung

Die aktuellen politischen Ereignisse haben dazu geführt, dass die Diskussion über die Nutzung der in Deutschland vorkommenden Rohstoffe wieder an Intensität zugenommen hat.

Da es auch um die Versorgungssicherheit unserer Bevölkerung geht, wird diese Diskussion nicht nur in Fachkreisen, sondern auch in der breiten Öffentlichkeit geführt.

Zu den besonders viel diskutierten Rohstoffen gehört Erdgas. In den 80er Jahren haben die beiden deutschen Staaten jährlich zusammen bis zu 30 Mrd. m³ Gas gefördert. Die aktuelle Förderung liegt bei ca. 4,7 Mrd. m³ [1]. Bei einem jährlichen Verbrauch von aktuell 89 Mrd. m³ bedeutet das, dass Deutschland heute bis zu 95 % des Erdgases importieren muss. Ein beträchtlicher Teil der Eigenproduktion bis 2012 stammte aus gefracchten Tichtgas-Lagerstätten. Seit dem weitgehenden Verbot von Frac-Behandlung in Deutschland geht die einheimische Produktion kontinuierlich linear nach unten, während in den USA und anderen Ländern die Produktion von Erdgas mit Hilfe dieser Technologie weiter zunahm. Infolgedessen sind die Firmen aus Deutschland, die diese Technologie beherrschen, mit ihren Fachkräften in jene Länder abgewandert.

Dieser Umstand erschwert es in Deutschland, die Erdgasproduktion kurzfristig wieder hochzufahren, obwohl die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in sogenannten unkonventionellen Lagerstätten in Deutschland ein Potenzial von bis zu 2,5 Bill. m³ vermutet [2].

Kohlenwasserstoff-Lagerstätten

Die Kohlenwasserstofflagerstätten unterteilt man in Lagerstätten im Muttergestein und im Speichergestein. Bei den Muttergestein-Lagerstätten handelt es sich um Formationen, in denen organisches Material und Sedimente gemeinsam abgelagert wurden. Durch Erhöhung von Druck und Temperatur bildeten sich über lange Zeiträume unter anaeroben Bedingungen flüssige bzw. gasförmige Kohlenwasserstoffe. Hingegen sind die Kohlenwasserstoffe in die Speichergestein-Lagerstätten im Laufe der Zeit aus dem Muttergestein migriert. Die Akkumulation erfolgte, da diese Formationen durch eine undurchlässige Schicht abgedeckt sind. Diese Lagerstätten unterscheiden sich nicht nur durch die Art der Entstehung, sondern auch in ihrer Permeabilität, was einen entscheidenden Einfluss auf die Förderbarkeit der Fluide hat.

In der Lagerstättentechnik unterscheidet man deshalb konventionelle und unkonventionelle Lagerstätten. Als konventionell werden jene Lagerstätten bezeichnet, die eine höhere Permeabilität besitzen und mit den gängigen Fördermethoden abgebaut werden können. In Deutschland zählen hierzu hauptsächlich poröse Speichergesteine wie Sandstein und Karbonat. Sie zeichnen sich durch eine dichte Deckgebirgsschicht aus, durch die das Gas nicht weiter migrieren konnte. Das bisher hierzulande produzierte Gas stammt ausschließlich aus diesem Lagerstättentyp (Abb. 1). Um aus den zum Teil sehr tief liegenden und deshalb stark kompaktierten Formationen mit niedriger Permeabilität wirtschaftlich produzieren zu können, wurden seit 1961 Teile dieser Lagerstätten durch Frac-Behandlung stimuliert. In beiden Teilen Deutschlands wurden so bis

2012 mehr als 500 Fracs zur Produktionssteigerung durchgeführt.

Demgegenüber werden als unkonventionelle Lagerstätten Schiefergasformationen bezeichnet, bei denen das Muttergestein gleichzeitig auch Speichergestein ist.

Aufgrund der sehr niedrigen Permeabilität konnte das gebildete Gas nicht in Größenordnung in darüber liegende Schichten migrieren. Die geringe Permeabilität des Schiefers ist durch die feinkörnige Struktur des Tones zu erklären. Abbildung 2 verdeutlicht die unterschiedlichen Gesteinseigenschaften, insbesondere die der Porenradialverteilung des Lagerstättengesteins im Vergleich zu den im Labor verwendeten Modell-sandsteinen. Die Porengröße der Sandsteinprobe einer deut-

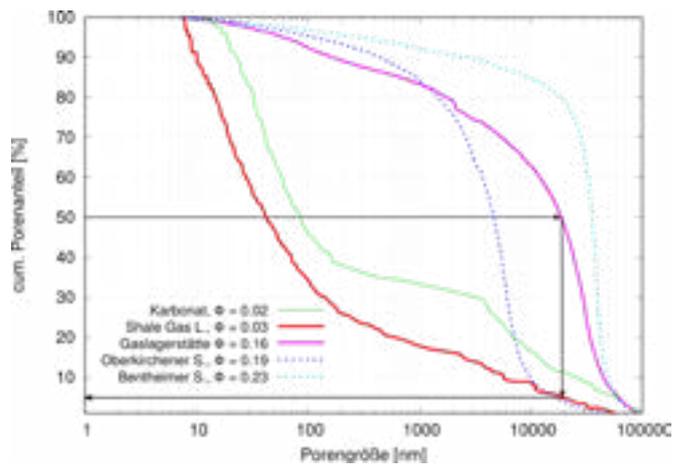


Abb. 2: Porenradialverteilung von verschiedenen Speichern und Modellgesteinen.

schen Erdgaslagerstätte reicht von 0,01 µm bis zu ca. 100 µm, wobei 50 % der Poren größer als 20 µm sind (magentafarbene Linie). Bei einer Shalegas-Lagerstätte hingegen sind nur etwa 5 % der Poren größer als 20 µm. Die Porenradialverteilung bewegt sich zwischen 0,008 µm bis zu ca. 100 µm (rote Linie).

Da Anzahl und Größe der Poren einen entscheidenden Einfluss auf die Durchlässigkeit des Gesteins haben, wird aus dieser Abbildung deutlich, dass Gas aus Sandsteinlagerstätten deutlich leichter als aus Shalelagerstätten zu produzieren ist.

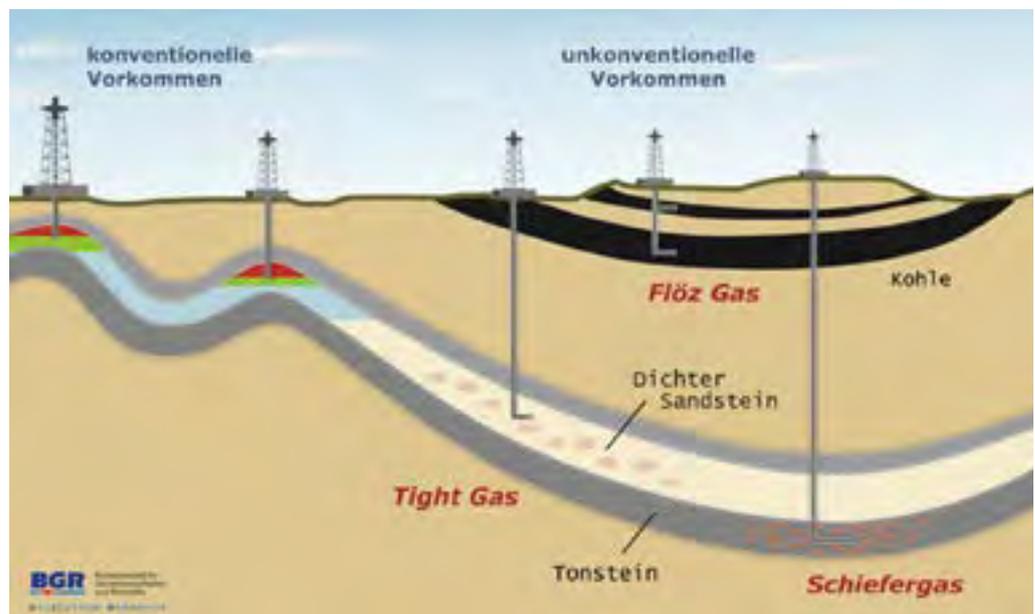


Abb. 1: Schematische Darstellung konventioneller und nicht-konventioneller Erdöl- und Erdgas-Vorkommen [2].

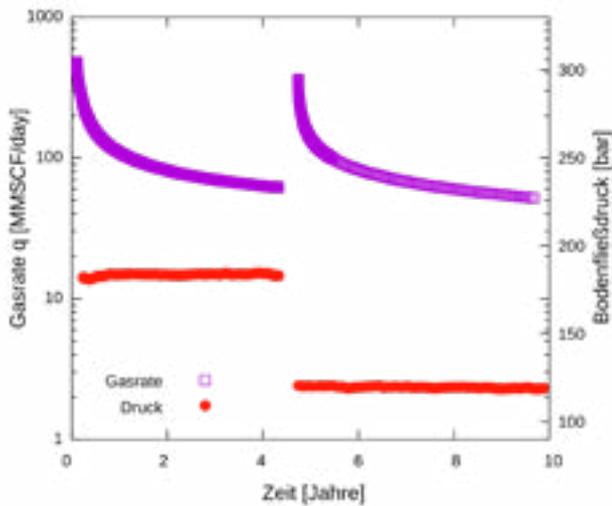


Abb. 3: Schema zur Veranschaulichung eines typischen Produktionsverhaltens einer Schiefergasformation [3].

Ein Teil des Gases ist in den sehr kleinen Porenräumen (Porenmatrix) gespeichert und wird als „freies Gas“ bezeichnet, da es durch Druckabsenkung gefördert werden kann.

Der größere Teil des Gases ist an der Oberfläche der verbliebenen organischen Matrix und an der sehr großen inneren Oberfläche des Tongesteins adsorbiert. Im Verlauf der Förderung sinkt der Lagerstätten-Druck, und das Gas an der inneren Oberfläche wird desorbiert und steht damit der Produktion zur Verfügung. Dieser Desorptionsprozess benötigt eine gewisse Zeit. Deshalb wird in der ersten Förderphase zunächst das freie Gas aus der Matrixporosität gewonnen und erst zu einem späteren Zeitpunkt beginnt die Produktion des desorbierten Gases. Abb. 3 verdeutlicht exemplarisch das Produktionsverhalten einer Schieferformation und die einzelnen Phasen der Förderung.

Frac-Technologie

Um in sehr niedrig permeablen Formationen Gas wirtschaftlich produzieren zu können, müssen künstliche Fließwege und die Kontaktfläche zu diesen geschaffen werden. In der Fördertechnik bezeichnet man dies als Frac-Behandlung, bei der das sogenannte Frac-Fluid über die Bohrung unter hohem Druck mit großer Injektionsrate in die Zielformation eingebracht wird. Dadurch kommt es in dieser Formation radial um das Bohrloch zu einer Rissbildung (Abb. 4).

Diese Technologie zur Stimulation wurde erstmals 1947 in einem Erdgasfeld in den USA eingesetzt. Später nutzte man sie auch für Öl- und neuerdings auch für Geothermiebohrungen. Der erforderliche Druck wird mittels Frac-Fluid von Obertage in die Zielformation übertragen. Der hydraulisch induzierte

Druck muss größer sein als die minimale horizontale Gebirgs-Druckspannung und die Gesteinsfestigkeit (Abb. 5).

Der Radius dieses erzeugten Risses, Frac-Halblänge genannt, kann im günstigsten Fall bis zu 3000 m betragen. Die Frac-Weite kann am Anfang bis zu 6 mm betragen und läuft bis zu null am Frac-Ende aus. Die Frac-Länge wird über die Injektionsrate des Frac-Fluides gesteuert, während die Weite über die Viskosität eingestellt werden kann. Die erzeugten Klüfte müssen durch Stützmittel (sog. Proppants) wie z. B. Sand, die der Frac-Flüssigkeit zugegeben werden, nach Druckentlastung offengehalten werden (Abb. 6).

Die Art des Stützmittels hängt von der Tiefe der Formation und damit dem herrschenden lithostatischen Druck ab. In größeren Tiefen reicht die Festigkeit der Sandkörner nicht, um den Riss dauerhaft offenzuhalten. In solchen Fällen werden Stützmittel aus Bauxit oder Korund verwendet.

Nach der Druckentlastung schließt sich der gebildete Riss, jedoch die Proppants verhindern ein vollständiges Wiederverschließen und bleiben im Riss zurück. Da die Förderrate von der oben beschriebenen Kontaktfläche abhängig ist, werden in

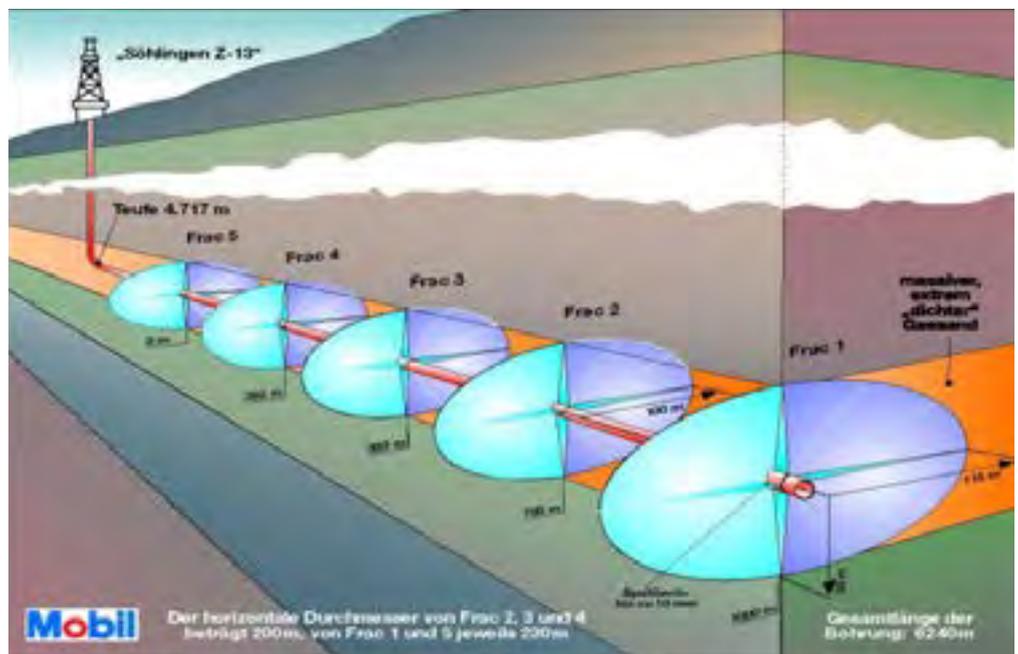


Abb. 4: Schematische Darstellung einer mehrstufigen Frac-Behandlung [4].

einer Horizontalbohrung mehrere Fracs hintereinander platziert, wie in Abb. 4 zu sehen ist.

Die Gasförderrate einer Bohrung kann sehr stark variieren und beträgt zwischen mehreren Tausend Kubikmetern Gas bis zu einer Million Kubikmeter pro Tag und fällt in der ersten Produktionsphase sehr stark ab, da wie oben beschrieben zunächst das freie Gas produziert und erst im Anschluss das am Gestein adsorbierte Gas mobilisiert und gefördert wird. Die erste Phase kann bis zu 3 Jahre dauern.

Im Laufe der Betriebsdauer einer Bohrung kann es zu einer Einbettung der Proppants in die Formation kommen, was ein Sinken der Produktionsrate zu Folge hat. Um dem entgegenzuwirken, muss die Bohrung erneut gefract werden (Refracturing). Dies geschieht in der Regel nach 2 bis 5 Jahren. Nach ca. 10 bis 15 Jahren ist die Bohrung erschöpft.

Frac-Fluide

Die wesentlichen Aufgaben der Frac-Fluide sind die hydraulische Übertragung des Drucks von obertägigen Pumpaggregaten in die Formation sowie der Transport der Proppants in den entstandenen Riss.

Um diesen Aufgaben gerecht zu werden, müssen die physikalischen Eigenschaften durch Additive angepasst werden. Die Zusammensetzung der Frac-Fluide richtet sich nach der Art der Lagerstättenfluide, der Formationszusammensetzung und der Teufe. Die Fracfluide sollen folgende Eigenschaften aufweisen:

- Verträglichkeit mit Formation und Lagerstättenfluid
- Geringe Fluidverluste durch Infiltration in die Formation (leak off)
- Geringe Druckverluste beim Pumpen
- Thermostabilität
- Einfache Rückförderung
- Umweltverträglichkeit

Die Frac-Fluide bestehen zu 98 % aus Wasser und inerten Stützmitteln. Die restlichen 2 % sind Zusatzstoffe zur Einstellung der erwähnten Eigenschaften. Dazu zählen Polymere, Tenside und Inhibitoren, die das Quellen des Tons verhindern sollen, sowie in immer geringerem Maße auch Biozide.

Um die Stützmittel in Schwebelage zu halten, und in den entstandenen Riss zu transportieren, werden dem Wasser Vergeleungsmittel wie z. B. Stärke zugesetzt. Die zugesetzten Tenside haben die Reibungsverluste zu minimieren und eine mögliche Tonquellung in der Formation zu verhindern. Da es sich bei den letztgenannten um ideale Nahrungsmittel für Mikroorganismen handelt werden Biozide zugesetzt, um das Wachstum der Mikroorganismen zu verhindern.

Nach Beendigung der Injektion führt der Innendruck der

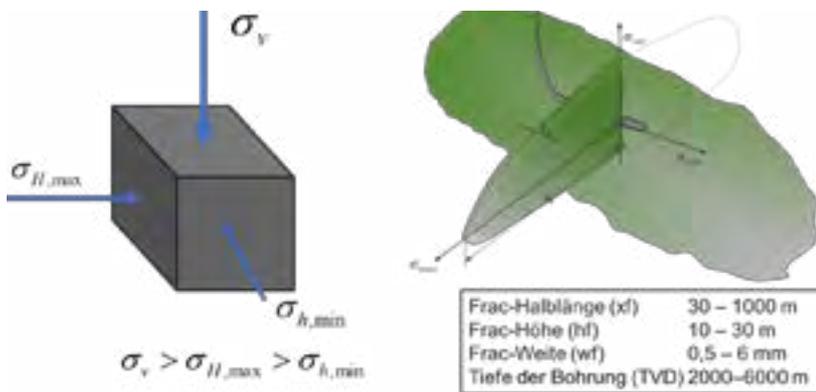


Abb. 5: Spannungsverteilung und Dimension des entstehenden Risses im Untergrund.

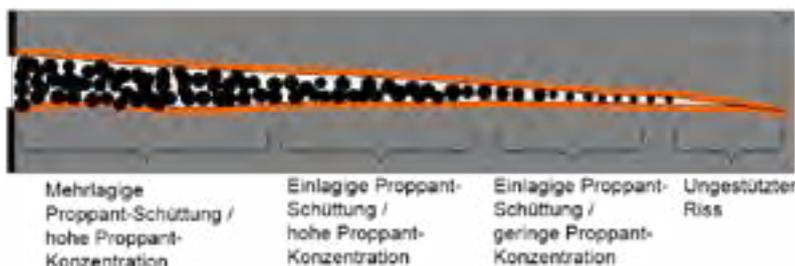


Abb. 6: Schematische Darstellung des Verteilungsprofils der Proppants [5].

Gesteinsformation dazu, dass große Teile der Flüssigkeit, ein Gemisch aus Frac-Fluid und Lagerstättenwasser durch die Bohrung an die Oberfläche zurückfließt. Diese Flüssigkeit enthält die injizierten Chemikalien sowie natürlich in der Lagerstätte vorkommende Stoffe wie Salz, Schwermetalle, radioaktives Material und Kohlenwasserstoffe. Zu Beginn der Rückförderung besteht das Flowback hauptsächlich aus den Komponenten des Frac-Fluids; im weiteren Verlauf der Förderung nimmt dieser Anteil kontinuierlich ab. Das Flowback- und Lagerstättenwasser wird in der Regel vor Ort in Tanks oder Gruben gelagert, bevor es aufbereitet, entsorgt oder recycelt wird. In vielen Fällen wird es zur Entsorgung zurück in die Formation verpresst. In Gebieten, in denen dies nicht möglich ist, kann es behandelt und wiederverwendet oder in einer Kläranlage entsorgt werden. In allen Fällen müssen die geltenden Umweltstandards eingehalten werden. Werden Grenzwerte für bestimmte Stoffe überschritten, wird das Flowback z. B. mittels Membranverfahren aufbereitet [6].

Die Aufbereitung von Flowbacks und des Lagerstättenwassers zur Wiederverwendung als Frac-Fluid wird zu einem immer wichtigeren Aspekt des Wassermanagements in der unkonventionellen Öl- und Gasindustrie. Um die immer weiter steigenden Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von eingesetzten Additiven zu erfüllen, wird in der Erdöl- und Erdgasindustrie der Einsatz von natürlichen Wirkstoffen getestet. So zum Beispiel untersucht man die Wirksamkeit natürlicher Hopfenextrakte als Biozid.

Sicherheitsaspekte

Auf die Sicherheit der Frac-Behandlung in Deutschland soll ausdrücklich hingewiesen werden, weil in der Vergangenheit unbegründete Kritik und Vorurteile zur Einstellung dieser Technologie in Tight Gas-Lagerstätten geführt haben.

Beim Abteufen der Bohrung muss sichergestellt werden, dass die durchteuften geologischen Formationen voneinander sicher getrennt sind. Dies wird erreicht, indem die Bohrung mehrfach verrohrt und zementiert wird. Diese sogenannte Komplettierung ist so ausgelegt, dass sie den bei der Frac-Behandlung herrschenden Drücken standhält, denn wo Frac-Flüssigkeiten aufsteigen können, kann später auch produziertes Gas aufsteigen. Über den zu fracenden Horizonten müssen mehrere sichere Deckschichten vorhanden sein, die als Barriere gegen eine mögliche Fluidmigration dienen.

Das Deckgebirge bildet die definierte Schutzbarriere. Die geologische Distanz zwischen Grundwasserhorizonten in 30-300 m Tiefe in Deutschland und den Zielformationen in 800-6000 m Tiefe beinhaltet a priori den Schutzcharakter des Deckgebirges zwischen diesen Tiefen.

Jede Frac-Behandlung in Deutschland muss separat genehmigt werden, anders als in Ländern, in denen die Genehmigung für das ganze Feld erteilt werden kann. Für die Errichtung der Bohrplätze, von denen die Frac-Behandlung aus erfolgt, gibt es in Deutschland strenge Vorschriften, die eine Gefährdung des Grundwassers, der angrenzenden Biosphäre und der

umliegenden Siedlungen ausschließen sollen.

Seismische Erschütterungen können beim Fracing im Fest-



Abb. 7: Verteilung der möglichen Schiefergaslagerstätten für Deutschland [2].

gestein wie zum Beispiel Granit auftreten. Dies ist allerdings nur für Geothermiebohrung relevant, da Erdöl und Erdgas in Formationen lagern, in denen die seismischen Wellen stark gedämpft werden. Die Ursache seismischer Aktivitäten bei der Produktion von Gaslagerstätten ist der sich ändernde Lagerstättendruck, der zu zusätzlichen Spannungen im Untergrund führt. Deshalb werden in Deutschland im Umfeld von Erdöl- und Erdgaslagerstätten generell die seismischen Aktivitäten überwacht.

Schiefergaspotential in Deutschland

Im Jahre 2022 wurden in Deutschland 4,8 Mrd. m³ (Vn) Gas gefördert. Die Summe aus sicheren und wahrscheinlichen konventionellen Erdgasreserven in Deutschland wurde vom Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG) auf 36,4 Mrd. m³ geschätzt. Bei der aktuellen Jahresförderung ergibt sich eine statische Reichweite an konventionellem Erdgas von ca. 7,6 Jahren [2].

Ein größeres Potential an Erdgas als bislang in Deutschland gefördert wurde, vermutet die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in den genannten Schiefergaslagerstätten. Laut ihren Berechnungen von 2016 geht man je nach Teufe von gewinnbaren Vorräten zwischen 500 bis 2500 Mrd. m³ Gas in tonigen Muttergesteinen aus. Diese Vorkommen verteilen sich hauptsächlich auf die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Bayern (Abb. 7).

Da in Deutschland bislang keinerlei Erfahrung bei der Erschließung und Produktion von Schiefergaslagerstätten existiert, beruhen diese Angaben auf Annahmen der BGR, die erst durch Probe-/Erkundungsbohrungen bestätigt werden können.

Für eine spürbare Entlastung des deutschen Gasmarkts ist eine große Zahl von neu abzuteufenden Bohrungen in die ge-

ringpermeablen unkonventionellen Lagerstätten notwendig. Da infolge der Entwicklung der letzten Jahre die Akzeptanz für fossile Energieträger immer weiter gesunken ist, haben sich viele Servicefirmen der Öl- und Gasindustrie aus Deutschland zurückgezogen. Der daraus resultierende Fachkräfte- und Technikmangel hierzulande wird eine zügige Aufnahme der Gasproduktion aus unkonventionellen Lagerstätten verhindern.

Zusammenfassung

In Deutschland gibt es ein sehr großes Potential an gashöfigen Tongesteinsschichten. Technologische Fortschritte im Ausland und steigende Energiepreise bedingt durch die geopolitische Lage machen unkonventionelle Gaslagerstätten auch in Deutschland zunehmend für die Gasproduktion attraktiver. Ohne Stimulationsverfahren (Frac-Behandlung) lässt sich das Schiefergas (Shale Gas) jedoch nicht aus diesen Lagerstätten gewinnen.

Da es hierzulande seit über 60 Jahren positive Erfahrung mit dieser Technologie in Sandsteinformationen gibt, stellt die Frac-Behandlung unter Einhaltung der gegebenen Sicherheits- und Umweltrichtlinien keine Risikotechnologie dar.

Die sichere Anwendung dieser Technik ist jedoch mit einem hohen Planungsaufwand verbunden, um die in Deutschland geltenden strengen Sicherheitsstandards einhalten zu können.

Trotz aller genannten Schwierigkeiten sollte Deutschland nicht voreilig auf die Weiterentwicklung dieser Technologie verzichten, denn die Erfahrungen, die in anderen Ländern mit diesem Verfahren gesammelt wurden, können nicht ohne weiteres übernommen werden. Dort herrschen andere geologische Bedingungen und andere Sicherheits- und Umweltstandards für die Bohrtechnik.

Unsere Lagerstätten können den Gasimport leider nicht ersetzen. Trotzdem gilt das selbst geförderte Erdgas als versorgungssicher und kostengünstiger. Außerdem trägt jede Technologie, die im eigenen Lande entwickelt und angewendet werden kann, zur Erhaltung des Technologiestandorts und somit zu Stärkung unserer Volkswirtschaft bei.

Literaturverzeichnis

- 1 Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG) Erdgas in Deutschland | zuletzt aktualisiert: 26. April 2023; <https://www.bveg.de/die-branchen/erdgas-und-erdoel-in-deutschland/erdgas-in-deutschland/>
- 2 Abschlussbericht: Schieferöl und Schiefergas in Deutschland, Potenzielle und Umweltaspekte 2016, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), www.bgr.bund.de
- 3 L. M. Ruiz Maraggi, L. W. Lake, and M. P. Walsh; Rate-Pseudopressure Deconvolution Enhances Rate-Time Models Production History-Matches and Forecasts of Shale Gas Wells"; 2022 SPE Reservoir Evaluation & Engineering; Paper Number: SPE-208967-PA
- 4 Fracking - was ist das? Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), www.bgr.bund.de, Stand 2013
- 5 Martin Müller, „Laborative und mathematisch-numerische Untersuchung und Bewertung der Durchlässigkeit von Fließwegen bei der Stimulation von Sonden in Fluidlagerstätten unter besonderer Berücksichtigung des mechanischen Kontaktes zwischen Proppants und Formation“, Promotionsschrift 2016, TU Bergakademie Freiberg
- 6 Faraz Rasheed Mir, „Development of an energy efficient process for the treatment and reuse of produced water in oil and gas operations“, Promotionsschrift 2022, TU Bergakademie Freiberg

Kontakt:

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau, Mohd.Amro@tbt.tu-freiberg.de

Grüne Wärme und Kälte aus Grubenwasser – Nachhaltige Versorgungslösung für moderne Quartiere im Revier Lugau/Oelsnitz

Timm Wunderlich¹, Lukas Oppelt, Tom Ebel, Thomas Grab, Tobias Fieback

Die Gemeinden des ehemaligen Steinkohlereviers Lugau/Oelsnitz in Sachsen waren über 100 Jahre lang durch aktiven Bergbau geprägt. Der anstehende Strukturwandel erfordert Aktivitäten zur Nachsorge, insbesondere im Hinblick auf den möglichen Austritt von Grubenwasser, zu dem es – wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden – im Jahr 2032 kommen könnte. Aus diesem Grund wurde analysiert, inwiefern eine Nutzung des abzuführenden Grubenwassers als thermische Energiequelle realisiert werden kann, um aus den Aufgaben des Strukturwandels auch einen Benefit für die Gemeinden zu genießen.

Im Gebiet Lugau/Oelsnitz wurde zwischen den Jahren 1859 und 1971 Steinkohle abgebaut. In der Abbildung 1 wird das etwa 70 km² große bergbaulich geprägte Gebiet mit den Gemeinden Oelsnitz (Erzgeb.), Gersdorf, Hohndorf und Lugau gezeigt. Die Gemeinden befinden sich zwischen den Städten Chemnitz und Zwickau. [1] In den 1950er Jahren, auf dem Höhepunkt der Bergbauaktivitäten, erstreckte sich das Gebiet des Kohleabbaus über eine kumulierte Streckenlänge von etwa 140 km direkt unter den Gemeinden. Der Abbau erfolgte auf 6 Solen in unterschiedlichen Tiefen, zudem ist das gesamte Revier hydraulisch über zwei Solen miteinander



Abb. 1: Schwarz umrahmt die Lage des Bergbaureviers mit dem Streckensystem in Rot, sowie die Gemeinden H-Hohndorf, O-Oelsnitz, L-Lugau, G-Gersdorf

verbunden. [2]

Durch die bergbaulichen Aktivitäten kam es zu Senkungsprozessen an der Oberfläche. Diese führten z. B. in der Gemeinde Oelsnitz zu Senkungen von über 17 Metern. [3] Mit der Beendigung des aktiven Kohlebergbaus begann die Flutung des ca. 150 Mio. m³ großen Hohlraums. Infolge der Absenkungen und Setzungen des Geländes wird geschätzt, dass sich der tatsächliche Hohlraum aktuell auf ca. 47 Mio. m³ beläuft. Es kann aber aufgrund von Gesteinsabsenkungen oder bergbaulichen Verfüllungen nicht davon ausgegangen werden, dass dieser Hohlraum noch vollständig offen ist. [1]

Seit dem Flutungsbeginn steigt der Wasserspiegel in den ehemaligen Abbaugeländen kontinuierlich an, wodurch aufgrund der hydraulischen Verbindung ein ausgeglichenes Flutungsniveau im gesamten Revier zu erwarten ist. [2] Langfristig wird dabei von einem jährlichen Wasserzufluss von ca. 30 m³/h ausgegangen. Prognosen gehen davon aus, dass bei kontinuierlichem Verlauf ca. 2032 das Oberflächenniveau erreicht werden könnte. [4] Die Prognosen basieren dabei auf Messungen an der im Jahr 2003 installierten Grubenwasser-

messstelle 1 in Oelsnitz sowie der Grubenwassermessstelle 2 in Gersdorf, die 2014 in Betrieb genommen wurde. Aus den Daten wurde deutlich, dass zukünftig Maßnahmen zur Wasserabführung und ggf. -behandlung erforderlich sein werden. [5] Doch dieses Grubenwasser bietet auch ein Potenzial: die Nutzung als regenerative Energiequelle zum Heizen und Kühlen. Aus diesem Grund wurden im Rahmen der Mehrwert-Initiative „Nachhaltig aus der Krise“ des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz und Umwelt und Landwirtschaft im Projekt MareEn Möglichkeiten untersucht, die die Nachsorgemaßnahmen im ehemaligen Steinkohlerevier in Einklang mit einer erneuerbaren Energieversorgung bringen können. [6]

Beispielquartier

Durch den Grubenwasseranstieg bietet sich gerade für die tiefliegende Gemeinde Gersdorf die Möglichkeit an, das Grubenwasser in den kommenden Jahren energetisch zu nutzen. Im Umkreis der Grubenwassermessstelle 2 wurden bis 2022 übertägige Betriebsanlagen rückgebaut und Schächte verwahrt. Dadurch ist das ehemalige Betriebsgelände gesichert, rekultiviert und zukünftig kann eine Bebauung erfolgen. Entsprechend soll eine Vorbetrachtung und Simulation durchgeführt werden, ob ein Neubau-Quartier mit Grubenwassergeothermie als Hauptenergiequelle am Standort möglich ist.

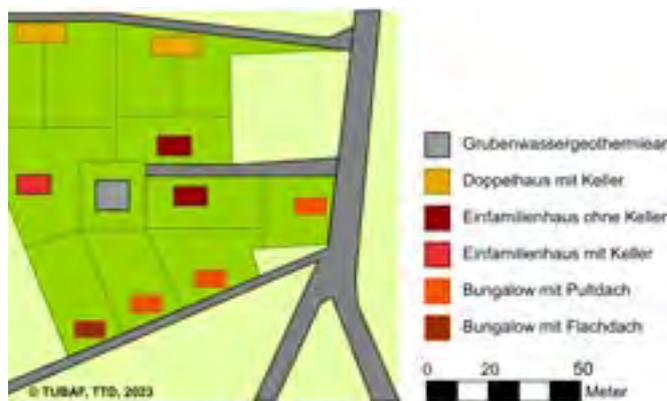


Abb. 2: Aufteilung der verfügbaren Fläche, Grundstücke und mögliche Bebauungsarten

Im Folgenden wird das geplante Neubau-Quartier auf dem Gelände der ehemaligen Schachanlage betrachtet. Auf der ca. 9.000 m² großen Fläche sollen elf Gebäude bzw. Wohneinheiten und eine Grubenwassergeothermieanlage entstehen, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Ziel der Untersuchung war es zu analysieren, ob eine mögliche Abführung von Grubenwasser an diesem Standort zukünftig auch zur Versorgung des Quartiers eingesetzt werden könnte.

Die Bebauung der Grundstücke ist ab 2030 vorgesehen, weshalb die Berechnungen auf den baurechtlichen Rahmenbedingungen des dann vermutlich vorherrschenden Passivhausstandards durchgeführt wurden. Da noch kein konkreter

Bebauungsplan erarbeitet wurde, wurden Annahmen für die Lage und Größe der Grundstücke getroffen. Für die Bebauung wurden drei Haustypen mit jeweils zwei Dachformen ausgewählt, wobei ebenso Typen mit und ohne Keller in die Betrachtung einbezogen wurden.

Potenzialberechnung

Für die Nutzung des energetischen Potenzials sind vor allem die Rahmenbedingungen entscheidend, z. B. wie das Grubenwasser als Quelle für Heiz- und Kühlanwendungen zur Verfügung steht. Betrachtungen dazu können Grab et al. [7] und Oppelt et al. [8] entnommen werden.

Für die Potenzialbestimmung wurde angenommen, dass die Grubenwassertemperatur durch die energetische Nutzung, wie bei Grubenwassergeothermieanlagen üblich, 5 Kelvin (ΔT) abgekühlt wird. Für die Potenzialberechnung wird zudem ein konstanter Zustrom des Grundwassers (\dot{V}) aus der Grube angenommen. Mit diesen Faktoren kann gemeinsam mit den Eigenschaften des Grubenwassers (der Dichte ρ , der spezifischen Wärmekapazität c_p und der Wärmeübertragereffizienz η) folgende Gleichung für die Berechnung des Potenzials herangezogen werden:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot \eta \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Die für die Berechnung genutzten Werte, sowie die daraus resultierenden Größen sind in der folgende Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Parameter und berechnete Wärmepotenziale des Grubenwassers

	Einheit	Zahl	Quelle
Temperatur Grubenwasser (T)	°C	25	
Abkühlung des Grubenwassers (ΔT)	K	5	
Zuflussraten: bei 300 m ü.NN. (\dot{V})	m ³ /h	32,5	[5]
Wärmeübertrager Effizienz (η)		0,5	[9]
Spez. Wärmekapazität (c_p)	kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹	4,183	
Nutzbare Wärmeleistung:	kW	95	
Nutzbare Energiemenge pro Jahr	MWh	830	

Simulation

Zusätzlich wurde eine vielfältige Bewohnerstruktur in der Simulation berücksichtigt. Es wurde das Verhalten für Zwei- bis Vier-Personen-Haushalte, deren Mitglieder jeweils unterschiedlichen Tätigkeiten nachgehen, in das Modell integriert.

Die Simulationen wurden mit dem Programm MATLAB-Simulink durchgeführt. Für die Simulation wurde zudem auf die CARNOT Toolbox zurückgegriffen, die von der Fachhochschule Aachen [9] als Erweiterung für Simulink entwickelt wurde. Die Toolbox bietet vorgefertigte Funktionsblöcke für den Entwurf technischer Systeme, wie z. B. Wärmepumpe oder Photovoltaik-Module und lässt sich durch Anpassung spezifischer Parameter weiter individualisieren. Die CARNOT-Blöcke wurden im Rahmen der Quartiersanalyse verwendet, um die lokalen Gegebenheiten abzubilden. Die daraus resultierenden Modelle simulieren die thermodynamischen Prozesse in den Gebäuden [9].

Da noch kein Entwurf des Bebauungsplans vorlag, erfolg-

te die Entwicklung der Simulationsmodelle und der Gebäude nach einem modularen Ansatz, der zukünftig eine einfache Anpassung der Modellparameter und der Beziehungsstruktur zwischen den Blöcken ermöglicht. Die Parameter des Modells und die Struktur der einzelnen Beziehungen zwischen den Blöcken können einfach angepasst und verändert werden. Weiterhin wurden verschiedene Inputfaktoren bzw. Rahmenbedingungen in das Modell eingearbeitet, um ein authentisches und möglichst realistisches Bild der Umgebung zu erhalten. Die in den Simulationen verwendeten Wetterdaten stammen aus dem Datensatz des Deutschen Wetterdienstes (Testreferenzjahre) für den Standort Gersdorf, dieser umfasst u. a. die Temperatur, Strahlungswerte, Windrichtung und -geschwindigkeit, relative Luftfeuchte, Bewölkung und barometrische Daten. [10]

Das Gebäudemodell sieht in der Simulation einzelne Räume vor, die über den Luftaustausch sowie die Wandflächen untereinander, mit der Gebäudehülle und der Umgebung thermisch verbunden sind. Dadurch lässt sich der Wärmetransport innerhalb und außerhalb des Gebäudes berücksichtigen. Die Verbindungen zwischen dem Keller- und den Wohngeschossen sowie den Dächern wurden ebenso in der Simulation berücksichtigt.

Das Bewohnerverhalten wurde sekundengenau über die internen Lasten eines jeden Hauses auf Basis der individuellen Lastprofile mit dem von PFLUGRADT entwickelten "LoadprofileGenerator" [11][12] abgebildet. Dadurch werden genaue Simulationen der Gebäude, einschließlich elektrischer Kleingeräte wie Wasserkocher oder Toaster möglich. Aufgrund des vergleichsweise geringen Energiebedarfs bei Passivhäusern ist eine so detaillierte Simulation unerlässlich, um die Energieversorgungssysteme nicht zu überdimensionieren.

Die Versorgung der Gebäude im Modellquartier erfolgt über ein kaltes Nahwärmenetz, d.h. am Standort einer möglichen Grubenwassergeothermieanlage wird die Wärme aus dem Grubenwasser an das Netz übertragen. Die zum Heizen notwendige höhere Vorlauftemperatur wird dann dezentral über einzelne Wärmepumpen in den Gebäuden bereitgestellt. Dadurch wird den Bewohnern auch die Möglichkeit gegeben, in der Übergangszeit (Frühling, Herbst) in manchen Häusern zu heizen und in anderen zu kühlen. Das Kühlen erfolgt dabei im Rahmen der Simulation nur über freie Küh-

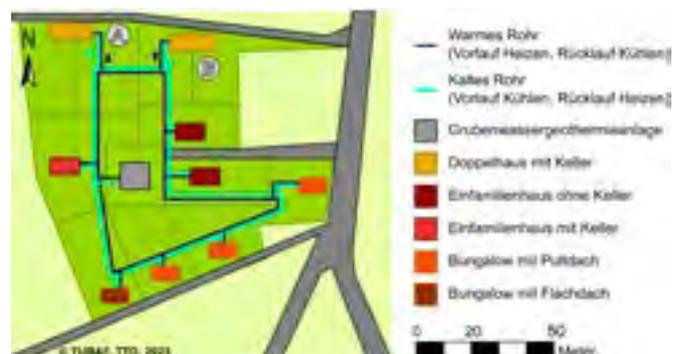


Abb. 3: Schematische Darstellung eines möglichen kalten Nahwärmenetzes für das Modellquartier

lung. D.h. es zirkuliert ein Fluid durch das Gebäude, welches annähernd die Temperatur des kalten Nahwärmenetzes besitzt, es nimmt die abzuführende Wärme auf und gibt sie an das Netz ab.

Dies wird in Abbildung 3 veranschaulicht, wo ein Nutzer (A) heizt, indem er Wärme aus dem wärmeren Vorlauf (dunkelblau) entnimmt und das Temperaturniveau in der Wärmepumpe angehoben wird, während der Nutzer (B) gleichzeitig sein Haus über den kälteren Rücklauf (hellblau) kühlt.

Ergebnisse

In den betrachteten Szenarien ergibt sich ein jährlicher Wärmebedarf von 41.200 kWh, der durch die Nutzung von Grubenwasser gedeckt werden muss. Unter der Annahme einer maximalen Grubenwasserleistung von 95 kW und einem Dauerbetrieb von 8.760 h pro Jahr beträgt die theoretisch nutzbare maximale Energiemenge 829.300 kWh. Die maximal nachgefragte Leistung beträgt 57 kW (27 kW Heizung/Kühlung und 30 kW Warmwasser). Demzufolge würde eine ausreichend dimensionierte Bohrung deutlich mehr Energie zur Verfügung stellen, als das simulierte Quartier verbraucht.

Für die Wärmenetzversorgung ergeben sich für die Gebäude Energiebedarfe zum Heizen von ca. 20.100 kWh, für die Trinkwassererwärmung von 31.100 kWh und aufgrund des hohen Dämmstandards ein Energiebedarf für die Kühlung von ca. 41.900 kWh. Dieser Wärme- und Kältebedarf kann dabei vollständig über die simulierte Grubenwassergeothermieanlage gedeckt werden. Für den gesamten Strombedarf des Quartiers wurden 24.000 kWh simuliert, dies umfasst sowohl den Strombedarf der Bewohner, als auch der Wärmepumpen und der Grubenwassergeothermieanlage (Grubenwasserpumpen, Zirkulationspumpen, etc.).

Tabelle 2: Simulationsergebnisse Energiebedarf und Wärmepreis für die netzgebundene Wärmeversorgung mit Grubenwasser (berechnet mit den Energiepreisen 2021 [12])

Energiebedarf Heizen [kWh]	Energiebedarf Kühlen [kWh]	Energiebedarf Warmwasser [kWh]	Strombedarf Quartier [kWh]	Heizpreis [€/MWh]
20.100	41.900	31.100	24.000	80,92

Um die Kosten zu decken, ergibt sich damit ein Arbeitspreis von 8,1 ct/kWh für die Heizwärme (angenommener Strompreis: 38,5 ct/kWh). Die durchschnittlichen Kosten der konventionellen Fernwärme liegen derzeit bei rund 9 ct/kWh [13]. Somit sind die Kosten des Grubenwassersystems geringer als die der Fernwärme.

Auf der Grundlage des berechneten Energiebedarfs für die dezentrale Versorgung kann der Primärenergiefaktor (PEF) der Gebäude und Anlagen abgeschätzt werden. Das betrachtete Quartier hat einen Netzbezug von elektrischer Energie in Höhe von 24.000 kWh, woraus sich ein Gesamtprimärenergiebedarf von 43.500 kWh pro Jahr ergibt. Angesichts der Gesamtenergiebezugsfläche des Quartiers von 1.500 m² ergibt sich damit ein durchschnittlicher Primärenergiebedarf von 28,7 kWh/m² pro Jahr. Dieser Wert ist deutlich niedriger als die Anforderungen des Passivhausstandards von jährlich 120 kWh/m². [14] Durch die Nutzung der Dachfläche für Photovoltaik könnte dieser Primärenergiebedarf noch weiter re-

duziert werden.

Weitere Potenziale im Revier Lugau/Oelsnitz

Neben der oben vorgestellten Detailbetrachtung des Modellquartiers wurden im Rahmen des Projekts MareEn weitere Potenziale im Revier Lugau/Oelsnitz untersucht. Dafür wurden neben der potenziellen Nutzung der Wärme unter Tage auch die aktuelle Abnehmerstruktur über Tage analysiert. Für das Untersuchungsgebiet konnten im Rahmen des Projekts detailliert die untertägigen energetischen Potentiale ermittelt und potenzielle Entnahmestellen für Grubenwasseranwendungen identifiziert werden. Darüber hinaus hat die Analyse über Tage gezeigt, dass trotz der ländlichen Prägung des Gebiets auch eine netzgebundene Energieversorgung von Wohn- und Nichtwohngebäuden in vielen Gebieten im ehemaligen Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz sinnvoll wäre. Hierzu wurden im Projektverlauf das gesamte Untersuchungsgebiet abnehmerseitig auf eine Eignung zur netzgebundenen Wärmeversorgung geprüft, via geometrischer Algorithmen mit den Grubenwasserentnahmepunkten verschnitten und technisch darstellbare Wärmenetze trassiert.

Beispielhaft ist in Abbildung 4 das Ergebnis der Wärmepotenziale aus Grubenwasser auf Basis der vom Projektpartner DBI GUT (DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH) durchgeführten Cluster-Analyse dargestellt. Das bedeutet, es wurde analysiert, an welchen Standorten über Tage eine hohe Dichte an Abnehmern vorliegen würde und eine netzgebundene Wärmeversorgung wirtschaftlich realisierbar wäre. Für die insgesamt sieben identifizierten Cluster wurden anschließend die untertägigen Potenziale ermittelt. Die berechnete Wärmemenge könnte für mindestens 50 Jahre kontinuierlich entzogen werden. Die mögliche Einspeisestelle der Grubenwasserwärme in das Nahwärmenetz liegt jeweils in der Mitte der Kreise.

Abschließend wurden insgesamt zehn konkrete Quartiere identifiziert und Wärmeversorgungskonzepte erarbeitet, bei denen mindestens 50 % des Wärmebedarfs durch Grubenwassergeothermie gedeckt werden könnte. Für die ausführlichen Ergebnisse wird auf den Projektabschlussbericht verwiesen. [6]

Zusammenfassung

Die Analyse der Potenziale von Grubenwassergeothermie im Revier Lugau/Oelsnitz zeigte, dass für die Zukunft an vielen Standorten die Möglichkeit einer regenerativen Wärme- und Kälteversorgung über Grubenwasser besteht.

Für ein geplantes Neubauquartier mit elf Wohneinheiten wurde ein Konzept zur energetischen Nutzung des abzapfenden Grubenwassers erstellt. Für die Passivhäuser wurden mehrere Simulationen mit unterschiedlichen Gebäude- und unterschiedlichen Dachtypen sowie der Option der Unterkellerung durchgeführt. Als weiteren wichtigen Bestandteil bei der Simulation des Energiebedarfs wurden unterschiedliche Lastprofile von Bewohnern in die Bewertung mit einbezogen. Es wurde deutlich, dass der gesamte Wärme- und Kältebedarf des Quartiers über Grubenwasser gedeckt werden könnte, als theoretischer Wärmepreis ergaben sich 8,1 ct/kWh.

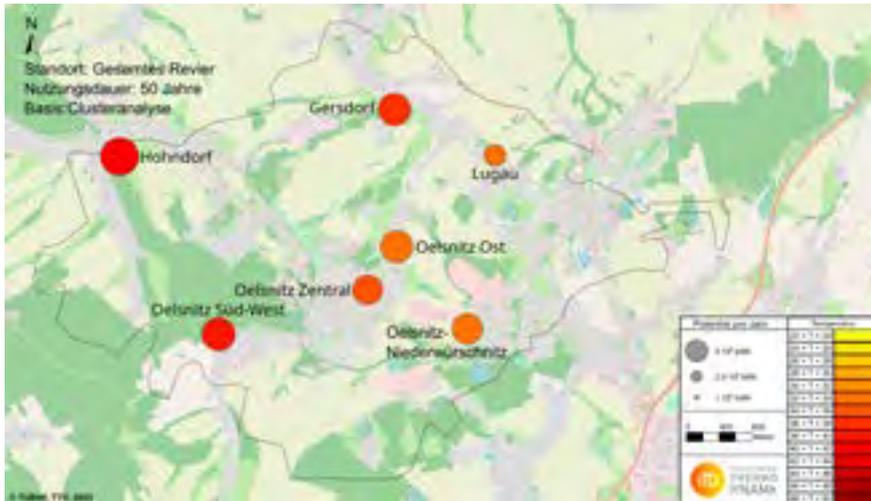


Abb. 4: Potenzialbetrachtung (jährlich entziehbare Energiemenge) für 50 Jahre im gesamten Revier ausgehend von der vom DBI GUT durchgeführten Clusterbildung

1 TU Bergakademie Freiberg, Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Timm.Wunderlich@ttd.tu-freiberg.de

Literaturverzeichnis

- [1] Geoprofil 14, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 2010.
- [2] M. Felix, S. Görne and H.-J. e. a. Berger, „Zur geothermischen Nutzbarkeit des Grubenwassers im Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz“, 2007.
- [3] H. Neuber, „Zustand des unter Tage Bauwerke im Revier Lugau/Oelsnitz“, 2022.
- [4] M. Eckart, J. Kowarik and P. e. a. Rüterkamp, „Potenzialstudie – Entnahme von aufsteigendem Grubenwasser aus Solequellen des ehemaligen Steinkohlenreviers Lugau-Oelsnitz und Betrachtungen ökologisch nachhaltiger Verwendungsmöglichkeiten im Falle einer Förderung“, DMT-Leipzig, Leipzig, Oktober 2014.
- [5] M. Hübschmann and C. Jahns, „Aktuelle Aktivitäten des geologischen Diensts in der Steinkohleregion Zwickau-Oelsnitz. FLOEZ - Future for Lugau-Oelsnitz-Zwickau“, Oelsnitz/Erzgebirge, 2018.
- [6] T. Grab, T. Wenzel, L. Oppelt, T. Wunderlich, T. Ebel, P. Heinrich, R. Manig, T. Fieback, MareEn Abschlussbericht „Standortgenaue Machbarkeitsstudie zur regenerativen Energieversorgung von Gebäuden mittels Grubenwassergeothermie in den durch die Folgen des Steinkohlebergbaus geprägten sächsischen Gemeinden Oelsnitz i.E., Lugau, Gersdorf und Hohndorf“ 21.06.2023
- [7] Grab, T., Storch, T., Groß, U.: Energetische Nutzung von Grubenwasser aus gefluteten Bergwerken, Erschienen in: Bauer, M., Freeden, W., Jacobi, H., Neu, T. (Hrsg.): Handbuch Oberflächennahe Geothermie, Kapitel 17, Springer Spektrum, 2018, ISBN: 978-3-662-50306-5, DOI: 10.1007/978-3-662-50307-2_17
- [8] L. Oppelt, T. Grab, T. Wunderlich, T. Storch, T. Fieback: Mine Water Geothermal Energy - Abandoned Mines As A Green Energy Source, CLIMA 2022-Proceedings, Rotterdam, 2022, DOI: 10.34641/clima.2022.55
- [9] Fachhochschule Aachen. CARNOT Toolbox. url: <https://www.fh-aachen.de/forschung/solar-institut-juelich/carnot>.
- [10] Deutscher Wetterdienst. Testreferenzjahre (TRY). url: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html>
- [11] Noah. D. Pflugradt. LoadprofileGenerator. url: www.loadprofilegenerator.de/, 08.09.2022
- [12] Noah.D. Pflugradt. „Modellierung von Wasser -und Energieverbräuchen in Haushalten“, 08.09.2022
- [13] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH, „Fernwärme: Technik, Nutzung, Kosten und Alternativen“, <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/fernwaerme/#:~:text=Die%20durchschnittlichen%20Fernw%C3%A4rme%2DKosten%20pro,entsprechend%2094%20Euro%20je%20MWh.,12.04.2023>
- [14] <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/einfuehrung/energieverbrauch-und-baustandards-665901>, 12.04.2023

Entwicklung einer neuartigen Dotierungsmethode für Silicium-Nanodrähte mittels Modulationsdotierung

Ingmar Ratschinski¹, Soundarya Nagarajan², Jens Trommer², Thomas Mikolajick^{2,3}, Dirk König⁴, Daniel Hiller¹

Einleitung

Halbleiterbauelemente sind in vielen Lebensbereichen präsent und haben den Alltag in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Integrierte Schaltungen (IC, engl. integrated circuits) kommen in vielen Geräten vor, vom Taschenrechner über Computer bis hin zu Smartphones und Tablets, aber auch in den meisten Haushaltsgeräten werden sie inzwischen eingesetzt. Die fortschreitende Miniaturisierung von Strukturen in ICs ermöglicht die Herstellung von Geräten mit immer höherer Leistungsfähigkeit bei idealerweise sinkender elektrischer Leistungsaufnahme und niedrigeren Kosten. Die Prozessoren der ersten Heimcomputer enthielten mehrere tausend Transistoren mit einer Strukturweite im Mikrometerbereich. Aktuelle Prozessoren in heutigen Computern oder Smartphones beinhalten mehrere Milliarden Transistoren mit Struktur-

weiten im Nanometerbereich. Einige Prozessoren enthalten sogar über 100 Milliarden Transistoren. Die weitere Miniaturisierung in den einstelligen Nanometerbereich stellt jedoch sehr große Herausforderungen an die Produktionsprozesse von Halbleiterbauelementen und erreicht teilweise fundamentale physikalische Grenzen.

¹ Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Angewandte Physik, Leipziger Straße 23, 09599 Freiberg, daniel.hiller@physik.tu-freiberg.de

² Nanoelectronic Materials Laboratory gGmbH (NaMLab), Nöthnitzer Str. 64a, 01187 Dresden

³ Technische Universität Dresden, Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik, 01062 Dresden

⁴ Integrated Materials Design Lab (IMDL), The Australian National University (ANU), Canberra ACT 2601, Australia

Dotierung von Halbleitern

Das Ausgangsmaterial für Halbleiterbauelemente sind einkristalline Scheiben aus hochreinem Material, die als Wafer bezeichnet werden. Für viele Anwendungen ist Silicium nach wie vor das bedeutendste Halbleitermaterial. Durch die gezielte Einbringung von Fremdatomen kann die Leitfähigkeit in einem großen Bereich eingestellt werden. Dieser Vorgang wird als Dotierung bezeichnet. In Silicium liegt das Verhältnis von Dotieratomen zu Siliciumatomen typischerweise im Bereich von 1:1.000 bis 1:10.000.000.000. Damit kann der spezifische elektrische Widerstand in einem Bereich von 0,001 Ωcm bis 1.000 Ωcm eingestellt werden. Bei der Dotierung wird unterschieden zwischen n-leitendem Material (Elektronen als Ladungsträger) und p-leitendem Material (Defektelektronen als Ladungsträger, auch Löcher genannt). Ein Siliciumkristall besteht aus vierwertigen Siliciumatomen. Wird ein Siliciumatom durch ein fünfwertiges Atom wie Phosphor oder Arsen ersetzt (Elemente der Gruppe V im Periodensystem der Elemente), so steht zusätzlich ein frei bewegliches Elektron zur Verfügung und das Material wird n-leitend. Das Dotieratom wird in diesem Fall als Donator bezeichnet. Wird dagegen ein Siliciumatom im Kristall durch ein dreiwertiges Atom wie Bor oder Gallium ersetzt (Gruppe III Elemente), entsteht ein Defektelektron (auch Loch genannt) und das Material wird p-leitend. In diesem Fall wird das Dotieratom Akzeptor genannt. Die Dotierung von Halbleitermaterialien mit Fremdatomen wird auch als Verunreinigungsdotierung bezeichnet. Übliche Verfahren für die Dotierung sind Ionenimplantation und Dotierung durch Diffusion. Die Dotierung ist entscheidend für die Funktionalität von Bauelementen.

Feldeffekttransistoren

Transistoren bilden die Grundlage von Prozessoren und anderen integrierten Schaltungen. Über Jahrzehnte wurden in Prozessoren praktisch ausschließlich planare Feldeffekttransistoren (FET) verwendet.

Der Aufbau eines planaren FET ist in Abbildung 1a schematisch dargestellt. Ein Feldeffekttransistor verfügt über drei Anschlüsse: Source (S), Gate (G) und Drain (D). Zwischen der Gate-Elektrode und dem Halbleiter befindet sich eine dünne, isolierende Oxidschicht. Im Halbleiter sind die Bereiche von Source und Gate hoch dotiert.

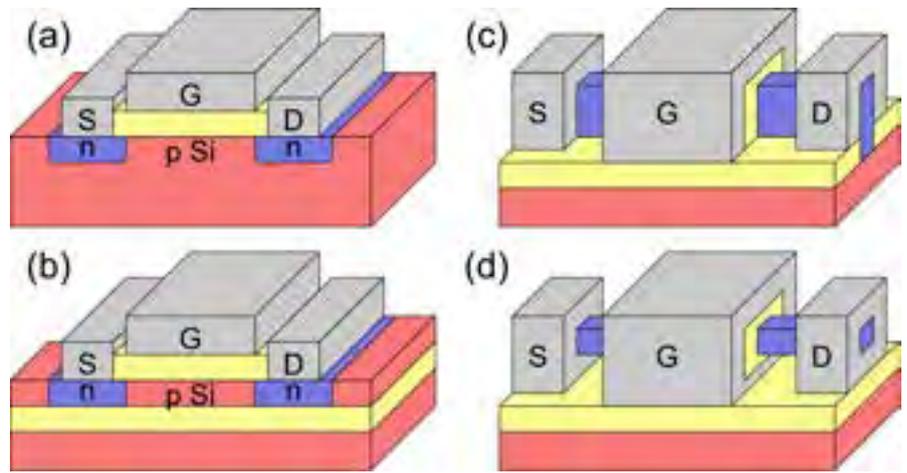


Abb 1: Schematischer Aufbau eines Feldeffekttransistors (FET): (a) planarer FET: Anschlüsse für Source (S), Gate (G) und Drain (D), Oxidschicht zwischen der Gate-Elektrode und dem Grundmaterial (hier: p-leitendes Silicium), hoch dotierte Halbleiterbereiche als Source und Drain (hier: n-leitendes Silicium). (b) FET auf SOI-Wafer (Silicon on Insulator): Verbesserung der elektrischen Eigenschaften im Vergleich zum planaren FET auf einem massiven Wafer. (c) FinFET: Das Gate umgibt den Kanal von drei Seiten. (hier: p-leitendes Silicium im Inneren, in Abbildung nicht sichtbar), (d) FET mit GAA-Architektur: Das Gate umgibt den Kanal von allen Seiten.

Der Stromfluss zwischen den Anschlüssen Source und Drain wird über eine Steuerungsspannung zwischen Source und Gate eingestellt, so dass sich im skizzierten Beispiel für eine hinreichend große positive Spannung durch Inversion unterhalb der Oxidschicht ein n-leitender Kanal ausbildet. In einem planaren FET kontrolliert das Gate den Kanal nur von der Oberfläche aus. Die Eigenschaften eines FET können verbessert werden, wenn anstatt eines massiven Silicium-Wafers ein SOI-Wafer verwendet wird (SOI: engl. Silicon on Insulator), bei dem sich an der Oberfläche eine extrem dünne einkristalline Siliciumschicht befindet, die durch eine Schicht SiO_2 (Siliciumdioxid) elektrisch von dem Trägerwafer isoliert ist (Abb. 1b). Mit zunehmender Miniaturisierung stießen planare FET an ihre Grenzen und es erfolgte der Übergang zu FinFETs (Abb. 1c). Bei dieser Technologie umgibt das Gate den Kanal von drei Seiten. Der Name stammt von der Form des Kanals, der einer Flosse (engl. Fin) ähnelt. Der nächste Schritt, um die Kontrolle über den Kanal zu erhöhen, ist die GAA-Architektur (engl. Gate-All-Around), wobei der Kanal von allen Seiten umgeben ist (Abb. 1d). Die GAA-Geometrie kann nur noch mit Nanodrähten (ND) mit runden, ovalen oder rechteckigen Querschnitten (engl. Nanosheets) realisiert werden.

Fortschrittliche FET erfordern eine Dotierung mit einer räumlichen Genauigkeit im Nanometerbereich. Allerdings bereitet die Dotierung von Nanostrukturen große Schwierigkeiten, die teilweise technischer Natur sind, andererseits aber auch durch physikalische oder mathematische Grenzen ver-

ursacht werden. Es ist schwierig, scharfe Verteilungen von Dotieratomen in Nanostrukturen zu erzeugen. In sehr kleinen Nanostrukturen, die aus nur einigen Zehntausend Atomen bestehen, kann bereits eine Schwankung um ± 1 Dotieratom dazu führen, dass eine konstante Dotierkonzentration und somit reproduzierbare Transistoreigenschaften unmöglich sind [1]. Außerdem neigen Dotieratome in Silicium-Nanovolumina dazu, an die Oberfläche des Kristallgitters zu diffundieren. Dotieratome in der Nähe von Oberflächen werden nicht mehr vollständig durch das umgebene Halbleitermaterial abgeschirmt, so dass die Ionisierungsenergie erhöht wird (sog. Dielektrisches Confinement [2]). Auch Quanteneffekte wie das Quantum Confinement, verursacht durch die Einschränkung eines Halbleitervolumens auf Größen im einstelligen Nanometerbereich, führen zu einer Erhöhung der Ionisierungsenergie. Selbst wenn es gelingt, Nanostrukturen zu dotieren, wird der Stromfluss durch die Streuung von Ladungsträgern an Dotieratomen im Halbleiter behindert. Dadurch sind höhere Spannungen zum Betrieb von Transistoren nötig, die zu einer stärkeren Erwärmung führen und so die Integrationsdichte reduzieren. Es ist daher erstrebenswert, die freien Ladungsträger räumlich von den Dotieratomen zu trennen.

Modulationsdotierung

Die Modulationsdotierung ist eine alternative Methode zur Dotierung von Halbleitermaterialien. Dabei befinden sich die Dotieratome nicht in der aktiven Schicht des Halbleiters, sondern in den benachbarten Schichten mit größerer Bandlücke, aus

denen die Ladungsträger in den aktiven Halbleiterbereich (mit geringerer Bandlücke) energetisch relaxieren können. Diese Methode wurde für Verbindungshalbleiter bereits 1978 beschrieben [3].

Durch Berechnungen mit Hilfe der Dichtefunktionaltheorie (DFT) wurde für Silicium, das von aluminiumdotiertem SiO_2 umgeben ist, ein unbesetztes Energieniveau unterhalb der Energie des Silicium-Valenzbands vorhergesagt und mittels deep-level transient spectroscopy (DLTS) experimentell verifiziert [4]. Damit ist es grundsätzlich möglich, die Idee der Modulationsdotierung auf Silicium zu übertragen.

Die Modulationsdotierung erfolgt durch Oberflächenfunktionalisierung im zentralen Reinraumlabor (ZRL) der TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) wie in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Auf einem nasschemisch gereinigten Silicium-Wafer (Abb. 2a) wird mittels einer kurzen Temperung in Sauerstoffatmosphäre im Bereich von $900\text{ }^\circ\text{C}$ eine SiO_2 -Schicht mit einer Schichtdicke von nur etwa 2 nm erzeugt (Abb. 2b). Darauf werden mittels Atomlagenabscheidung (engl. Atomic Layer Deposition, ALD) eine einzelne oder einige wenige Atomlagen Aluminiumoxid (Al_2O_3) zyklweise abgeschieden (Abb. 2c). Optional kann abschließend eine weitere wenige Nanometer dicke SiO_2 -Schicht

als Deckschicht abgeschieden werden, gefolgt von einer finalen wenigen Sekunden kurzen Temperung in Inertgas (Ar) im Bereich von $800\text{ }^\circ\text{C}$ zur Aktivierung und Ionisierung der Modulationsdotanden.

Das Prinzip der Modulationsdotierung ist in Abbildung 2d schematisch dargestellt. Im SiO_2 -Netzwerk wird ein vierwertiges Siliciumatom durch ein dreiwertiges Aluminiumatom ersetzt. An dem Aluminiumatom ist eine nicht abgesättigte Sauerstoffbindung lokalisiert, die den unbesetzten Akzeptorzustand darstellt. Das Energieniveau dieses Zustands (E_{A_i}) liegt unterhalb der Energie der Elektronen im voll besetzten Valenzband (VB, Abb. 2e). Durch quantenmechanisches Tunneln kann ein Elektron vom höheren Energieniveau im Silicium durch die SiO_2 -Barriere gelangen und diesen Zustand besetzen, so dass im Silicium ein Elektron fehlt (Defektelektron, Loch) und das Material p-leitend wird. In vorangegangenen Untersuchungen an planaren Proben wurden $1,0$ bis $2,5\text{ nm}$ als optimale Schichtdicke des SiO_2 ermittelt [5]. Dieses Konzept der Modulationsdotierung wurde in den aktuellen Untersuchungen



Abb 3: Geräte im Zentralen Reinraumlabor (ZRL) (a) Anneys AS-One, Anlage zur Temperung von Proben (b) Probenkammer der ALD-Anlage Beneq R2.

trische Widerstand $9\text{--}15\text{ }\Omega\text{cm}$. Nach der Nanodraht-Strukturierung wurden die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Prozessschritte zur Modulationsdotierung im ZRL in Freiberg durchgeführt (Abb. 3). Auf die Silicium-Nanodrähte wurden Nickelkontakte für elektrische Messungen aufgebracht. Die Kontakte wurden mit Elektronenstrahlolithographie am NaMLab strukturiert und zur Bildung von Nickelsilicid kurz erwärmt. Die klar definierten Silicidkontakte reichen bis in die Nanodrähte hinein und erlauben eine Bestimmung des Gesamtwiderstands aus einfachen Strom-Spannungs-Messungen mit Zweipunktanordnung.

Ergebnisse und Diskussion

Für den grundlegenden Nachweis, dass die Modulationsdotierung funktioniert, wurden Nanodrähte mit drei verschiedenen Breiten untersucht: 50 nm , 250 nm und 500 nm . In Abbildung 4a sind elektronenmikroskopische Aufnahmen der kontaktierten Nanodrähte dargestellt. Die nominellen Abstände zwischen den Nickelsilicid-Kontakten diffundieren ein kleines Stück in die Silicium-Nanodrähte hinein und erscheinen in den elektronenmikroskopischen Aufnahmen heller als der Bereich der Silicium-Nanodrähte (Abb. 4a). Die Länge des verbleibenden Siliciums beträgt $3,4\text{ }\mu\text{m}$ bzw. $7,5\text{ }\mu\text{m}$. Ein Längsschnitt durch einen kontaktierten Nanodraht ist schematisch in Abbildung 4b dargestellt. An den Nanodrähten wurden Strom-Spannungs-Messungen durchgeführt und der Widerstand berechnet.

In Abbildung 4c ist der Widerstand in Abhängigkeit von der Größe der Silicium-Nanodrähte dargestellt. Durch Modulationsdotierung mit nur 2 ALD-Zyklen Al_2O_3 wird der Widerstand im Vergleich zur Referenzprobe (intrinsisches, undotiertes SiO_2) im Mittel um einen Faktor von 3×10^5 verringert. Mit 6 ALD-Zyklen wird

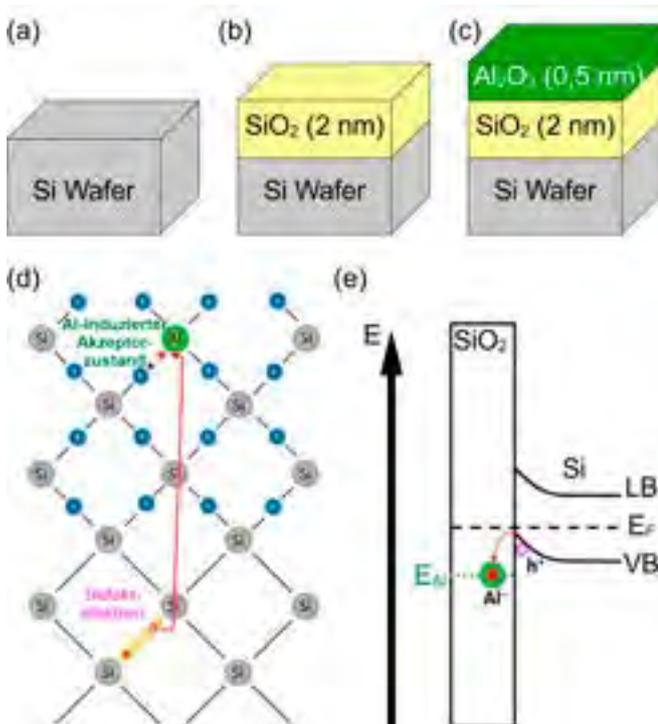


Abb 2: Herstellung der Modulationsdotierung auf Silicium (a) Reinigung des Wafers, (b) Wachstum einer SiO_2 -Schicht, (c) Abscheidung von Al_2O_3 und anschließende thermische Aktivierung, (d) Prinzip der Modulationsdotierung und (e) Energiediagramm: das Energieniveau des Aluminiumatoms E_{A_i} liegt unterhalb der Energie vom Silicium-Valenzband (VB).

Probenpräparation

Silicium-Nanodrähte wurden auf SOI-Wafern mit Elektronenstrahlolithographie (EBL, engl. electron beam lithography) und Plasmaätzen am NaMLab in Dresden strukturiert. Die Siliciumschichtdicke der SOI-Wafer betrug 20 nm und der nominelle elektrische elek-

der Widerstand gegenüber der Probe mit 2 Zyklen um einen Faktor 5 verringert bzw. um einen Faktor von 1×10^6 gegenüber der Referenzprobe. Für die Probe mit 15 Zyklen wird der Widerstand nicht wesentlich weiter verringert und der Effekt der Modulationsdotierung scheint in die Sättigung

ist zur Zeit der Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept der Modulationsdotierung wurde zuerst für Heterostrukturen von Verbindungshalbleitern beschrieben

[3]. Die räumliche Trennung der Dotieratome vom dotierten Halbleitervolumen führt demnach zu einer höheren Beweglichkeit der Ladungsträger. Dieses Konzept wurde hier auf die Dotierung von Silicium-Nanodrähten mit Metallkontakten (Nickelsilicid) übertragen und experimentell umgesetzt. Der elektrische Widerstand der modulationsdotierten Silicium-Nanodrähte mit Al-dotierter SiO_2 -Oberflächenfunktionalisierung konnte im Vergleich zu den Referenzproben (undotiertes SiO_2) um einen Faktor von bis zu 1 Million reduziert werden. Eine zukünftige systematische Variation der Schichtdicke des Tunneloxids, der Anzahl der ALD-Zyklen und anderer Parameter wird zeigen, in welchem Umfang die Modulationsdotierung eingesetzt werden kann, um die Leitfähigkeit von Silicium-Nanodrähten noch weiter zu erhöhen. Außerdem soll im weiteren Projektverlauf untersucht werden, ob sich weitere theoretische Vorhersagen nachweisen lassen. Als Beispiele seien hier auf ein erheblich geringeres Absinken der Ladungsträgermobilität mit steigender Ladungsträgerdichte im Vergleich zu konventionell dotierten Nanodrähten, sowie auf den Wegfall einer thermischen Ionisierung der Dotanden, welche eine notwendige Voraussetzung der konventionellen Dotierung ist, verwiesen. Ersteres sorgt für eine massiv erhöhte Leitfähigkeit bei gleicher Ladungsträgerdichte. Letzteres beseitigt das Temperaturlimit der thermischen Ionisation von konventionellen Dotanden (um das Ausfrieren von Ladungsträgern zu verhindern), so dass die Modulationsdotierung freie Ladungs-

träger bis zu tiefkalten Temperaturen (Flüssig-Helium) liefern kann. Zum Projektabschluss ist geplant, diese neuartige Dotierungsmethode auf Testbauelemente von Nanodrahttransistoren anzuwenden.

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung (Projekt: MAD-SiNano, Förderkennzeichen: 456993281). Zudem dankt D. Hiller der DFG für die Finanzierung einer Heisenberg-Proffessur (Förderkennzeichen: 434030435) sowie dem Staatsministerium für Wissenschaft und Kultur (SMWK Sachsen, Investitionsschwerpunkt, Fördernummer 100591077). Dirk König dankt der RWTH Aachen für die Verleihung des 2018 Theodore-von-Kärman Fellowship, sowie der Australian National Compute Infrastructure (NCI) für die projekt-basierte Nutzung des Gadi Supercomputers.

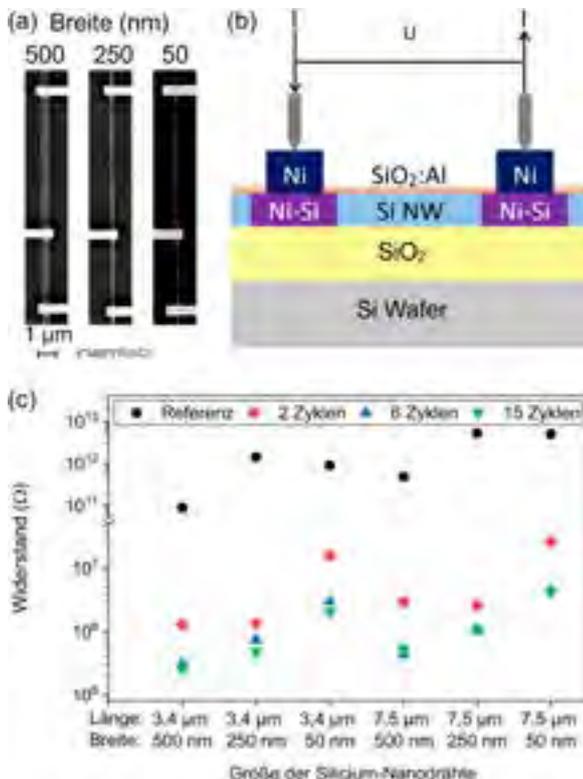


Abb 4: (a) Elektronenmikroskopische Aufnahme von Silicium-Nanodrähten mit Modulationsdotierung und Nickelsilicid-Kontakten. (b) Schematische Darstellung eines Längsschnitts durch einen Nanodraht mit Nickelsilicid-Kontakten. Auf den Nickelkontakten befinden sich die Messspitzen für die Strom-Spannungs-Messung (IV) (c) Elektrischer Widerstand in Abhängigkeit von der Länge und der Breite der Silicium-Nanodrähte für drei verschiedene Dotierungen (2 ALD-Zyklen Al_2O_3 , 6 Zyklen, 15 Zyklen Al_2O_3) und eine Referenzprobe (undotiertes SiO_2). Die Daten im Diagramm zeigen für die Nanodrähte mit Modulationsdotierung eine Verringerung des Widerstands um einen Faktor von bis zu 1 Million im Vergleich zur Referenzprobe.

zu gehen. Der Widerstand ändert sich mit der Geometrie der Nanodrähte gemäß Ohm'schem Gesetz in erwarteter Weise: Mit zunehmender Breite und abnehmender Länge der Nanodrähte wird der Widerstand verringert.

Die erhebliche Reduktion des Widerstands der Silicium-Nanodrähte um einen Faktor von ca. 1 Million mittels weniger Atomlagen von Al_2O_3 zeigt das Potenzial der Modulationsdotierung. Zusätzlich zur Reduktion des elektrischen Widerstands durch die erzeugten freien Ladungsträger besteht die Hypothese, dass die Modulationsdotierung auch den Kontaktwiderstand zwischen dem Silicid und dem Silicium-Nanodraht stark reduziert, was ebenfalls den Stromfluss begünstigt. Die Trennung, sowie genaue Vermessung dieser Effekte

um-Nanodrähten noch weiter zu erhöhen. Außerdem soll im weiteren Projektverlauf untersucht werden, ob sich weitere theoretische Vorhersagen nachweisen lassen. Als Beispiele seien hier auf ein erheblich geringeres Absinken der Ladungsträgermobilität mit steigender Ladungsträgerdichte im Vergleich zu konventionell dotierten Nanodrähten, sowie auf den Wegfall einer thermischen Ionisierung der Dotanden, welche eine notwendige Voraussetzung der konventionellen Dotierung ist, verwiesen. Ersteres sorgt für eine massiv erhöhte Leitfähigkeit bei gleicher Ladungsträgerdichte. Letzteres beseitigt das Temperaturlimit der thermischen Ionisation von konventionellen Dotanden (um das Ausfrieren von Ladungsträgern zu verhindern), so dass die Modulationsdotierung freie Ladungs-



Literatur

- Pierre, M., Wacquez, R., Jehl, X., Sanquer, M., Vinet, M., Cueto, O., 2010, Single-donor ionization energies in a nanoscale CMOS channel, *Nat. Nano.* 5, 133.
- Diarra, M., Niquet, Y.M., Delerue, C., G. Allan, G., 2007, Ionization energy of donor and acceptor impurities in semiconductor nanowires: Importance of dielectric confinement, *Phys. Rev. B* 75, 045301.
- Dingle, R., Störmer, H.L., Gossard, A.C., Wiegmann, W., 1978, Electron mobilities in modulation-doped semiconductor heterojunction superlattices, *Appl. Phys. Lett.* 33, 665.
- König, D., Hiller, D., Gutsch, S., Zacharias, M., Smith, S., 2017, Modulation Doping of Silicon using Aluminium-induced Acceptor States in Silicon Dioxide, *Sci. Rep.* 7, 46703.
- Hiller, D., Göttlicher, J., Steininger, R., Huthwelker, T., Julin, J., Munnik, F., Wahl, M., Bock, W., Schoenaers, B., Stesmans, A., König, D., 2018, Structural Properties of Al-O Monolayers in SiO_2 on Silicon and the Maximization of Their Negative Fixed Charge Density, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 10, 30495.
- Ratschinski, I., Nagarajan, S., Trommer, J., Lufert, A., Khan, M. B., Erbe, A., Georgiev, Y. M., Mikolajick, T., Smith, S. C., König, D., Hiller, D., 2023, Significant Resistance Reduction in Modulation-Doped Silicon Nanowires via Aluminum-Induced Acceptor States in SiO_2 , *Phys. Status Solidi A*, 2300068.

Weltraumforschung an der TUBAF – Wie geht es damit weiter?

Jens Grigoleit¹, Carsten Drebenstedt

In der letztjährigen Ausgabe der ACAMONTA wurde zur Antragstellung für ein Großforschungszentrum für extraterrestrische Ressourcentechnologien, das European Research Institute for Space Resources - ERIS berichtet. Zum Aufbau von zwei Großforschungszentren in den Braunkohleregionen Sachsens wurden für den Strukturwandel bis zum Jahr 2038 jeweils mehr als eine Milliarde Euro an Förderung in Aussicht gestellt. Im Rahmen der Konzeptentwicklung und Antragsvorbereitung fand eine umfangreiche Vernetzung mit relevanten Akteuren der deutschen, europäischen und internationalen Weltraumforschung statt. Der ERIS-Antrag stand im Wettbewerb mit fünf weiteren Konzepten. Leider konnte sich unsere Bewerbung in der Entscheidungsfindung trotz vielfältig positiver Rückmeldungen nicht durchsetzen, und es wurden zwei andere Vorhaben zur Umsetzung ausgewählt: für das mitteldeutsche Revier das Center for the Transformation of Chemistry (CTC) und für die sächsische Lausitz das Deutsche Zentrum für Astrophysik (DZA).

Die im Zuge der Konzepterarbeitung entwickelten vielfältigen Ideen und Kontakte sollen dennoch nicht ungenutzt bleiben. Bereits kurzfristig nach Bekanntwerden der Nichtauswahl zur Förderung wurden deshalb gemeinsam mit den Partnern innerhalb der Universität sowie bei den kooperierenden Einrichtungen Ideen für alternative Umsetzungsszenarien entwickelt. Alle Partner sind weiter an die Kooperation interessiert und sehen Potential für gemeinsame Projekte und Initiativen. So wurden seit Herbst 2022 bereits verschiedene Maßnahmen umgesetzt und es befinden sich weitere Vorhaben in Vorbereitung.

Hintergrund sind dabei die spannenden und dynamischen Entwicklungen sowohl im Bereich der Weltraumforschung als auch bei kommerziellen Raumfahrtanwendungen. So werden allein in den USA jährlich ca. 50 Milliarden USD privat in die Weltraumwirtschaft investiert und auch in Europa entwickelt sich eine Startup-Szene für Weltraumtechnologien. Mit dem im vorigen Jahr gestarteten Artemis-Programm,

das die Rückkehr des Menschen zum Mond und eine permanente Präsenz vorsieht, werden konkrete Überlegungen realistisch, wie eine Mondstation gebaut und betrieben werden kann. Das ERIS-Konzept sieht dazu die Nutzung der vor Ort verfügbaren Energiequellen und natürlichen Ressourcen vor. Dies erfordert Sprunginnovationen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen auch auf die Erde transferiert werden, um z. B. den mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen, wie Wasserknappheit, besser begegnen zu können.

Ringvorlesung und Bachelor-Studiengang „Space Resources“

Im Bereich Lehre befindet sich ein Bachelor-Studiengang „Space Resources“ in Abstimmung, der voraussichtlich ab 2024 angeboten werden kann. Dieser soll Grundlagen auf dem Gebiet der Ressourcentechnologien (Lagerstättenerkundung und -abbau, Rohstoffaufbereitung und -verarbeitung, Anlagen- und Produktionstechnik) mit Ausrichtung auf spezifische Aufgaben und Fragestellungen der Anwendung auf anderen Himmelskörpern vermitteln.

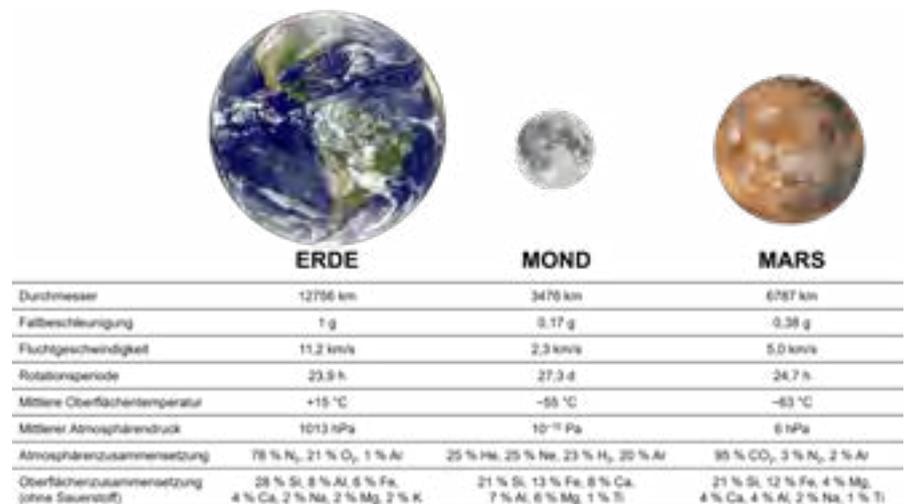


Abb 1: Umweltbedingungen auf Erde, Mond und Mars im Vergleich

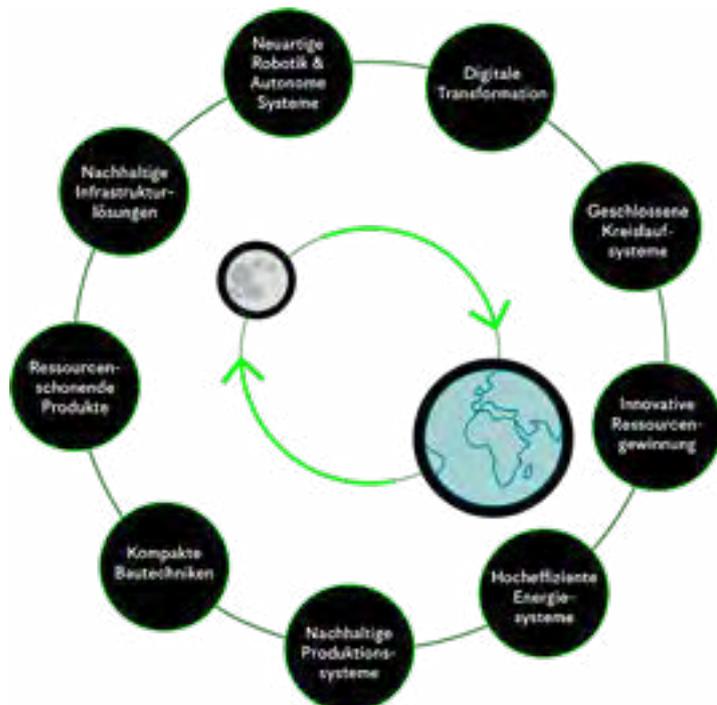


Abb 2: Innovations- und Transferpotentiale

Vorträge im Rahmen der Ringvorlesung „Space Resources“ im Sommersemester 2023:

- 02.05.2023 Die Projektidee eines „European Research Institute on Space Resources“ - Welche Aufgaben es zu lösen gibt
Prof. Dr. Carsten Drebenstedt, TU Bergakademie Freiberg
- 09.05.2023 Missionen zur Exploration des Mondes und Europas Beteiligung am Artemis-Programm
Dr. Thomas Reiter, ehem. ESA-Astronaut
- 16.05.2023 Entstehung und Entwicklung des Universums und unseres Sonnensystems
Prof. Dr. Hansjörg Dittus, Universität Bremen
- 30.05.2023 Reise zum Mond heute - Raketen, Antriebe, Orbits und optimale Manöver
Prof. Dr. Enrico Stoll, TU Berlin
- 06.06.2023 Entstehung des Mondes und seine geologische Zusammensetzung im Unterschied zur Erde
Prof. Dr. Ralf Jaumann, FU Berlin
- 13.06.2023 Stationen auf anderen Himmelskörpern - Anforderungen und Möglichkeiten
Dr. Christiane Heinicke, Universität Bremen
- 20.06.2023 Wasser im Sonnensystem - Vorkommen und Ressourcenpotential
Prof. Dr. Philipp Reiss, TU München
- 27.06.2023 Autarke Versorgungssysteme - Wasser, Nahrung, Atemluft
Prof. Dr. Gisela Detrell, TU München
- 04.07.2023 Rechtlicher Status des Mondes, seines Gesteins und des Abbaus
Prof. Dr. Stephan Hobe, Universität Köln
- 07.07.2023 Use of microalgae for resource production in long-term space missions
Dr. Cyprien Verseux, Universität Bremen
- 11.07.2023 Vorhandene Infrastruktur zur Weltraumforschung
Dr. Christoph Lotz, Leibniz-Universität Hannover

Dabei wird auf bereits existierende Lehrveranstaltungen im Grundstudium und auf ingenieurtechnische, naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Grundlagen in bestehenden Studienrichtungen an unserer Universität zurückgegriffen. Gleichzeitig werden Lehrangebote von Studiengängen zu Weltraumtechnologien an deutschen und europäischen Partnerhochschulen eingebunden, z. B. von der TU Dresden, der TU Berlin und der Universität Bremen. Ziel ist eine generalistische Ausbildung, die in einen Masterstudiengang für Weltraumtechnologien oder in klassische Spezialisierungen mündet. Mit dem Angebot des Studiums im Bereich Weltraumtechnologien und Weltraumressourcen erweitert die Universität ihre Kompetenzbereiche und erhöht die Attraktivität für Studieninteressierte. Der Studiengang verschafft zudem ein Alleinstellungsmerkmal.

Schon im Sommersemester 2023 wurde eine wöchentliche Ringvorlesung zu Themen der Weltraumressourcenforschung sowie der Gestaltung und Versorgung von Stationen auf Mond und Mars angeboten, für die hochkarätige Gastvortragende gewonnen werden konnten. Eine Fortsetzung der Ringvorlesung im Wintersemester 2023/2024 befindet sich in Vorbereitung. Vortragsthemen und -termine

werden jeweils aktuell auf der Website der TUBAF angekündigt. Die Vorträge sind öffentlich und werden zumeist online übertragen, so dass Freunde und Förderer der TUBAF die Möglichkeit haben und eingeladen sind, daran teilzuhaben.

Entwicklung neuer Forschungsfelder: Regolith-Simulate, Gewinnung von Sauerstoff und Metallen aus Mondgestein und kreislaufbasierte autarke Versorgungssysteme

Die anspruchsvollen Aufgaben, die mit dem Bau und Betrieb von Stationen auf anderen Himmelskörpern verbunden sind, bedingen eine intensive Forschung und Entwicklung in einer Reihe von Wissenschaftsbereichen, die viele Ansätze für unsere Universität bieten, wie Robotik, KI, geschlossene Stoffkreisläufe, neue Materialien, chemische und thermische Stoffwandlungsprozesse, rechtliche und ethische Aspekte. Die Erweiterung der wissenschaftlichen Untersuchungen zu Weltraumtechnologien ist eine gute Basis für den Aufbau entsprechender Studienprogramme.

Erste eingeworbene Forschungsvorhaben betreffen z. B. die Entwicklung eines Regolith-Simulats, das den besonderen Eigenschaften des Oberflächengesteins auf dem Mond und anderen Himmelskörpern nahekommmt. Im Rahmen

eines Promotionsvorhabens wird die Herstellung entsprechender Simulate in größeren Mengen aus in Sachsen vorkommenden Rohmaterialien untersucht.

Ein weiteres erfolgreich gestartetes Projekt gemeinsam mit dem Fraunhofer IFAM und dem Raumfahrttausrüster Airbus betrifft die Entwicklung einer Technologie zur Produktion von Sauerstoff und Metallen aus Regolith, dem Oberflächengestein des Mondes. Mit der Bewilligung einer Förderung in Höhe von mehr als 1 Mio. EUR durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) wird in den nächsten zwei Jahren ein Versuchsreaktor aufgebaut und umfangreich erprobt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen in die Vorbereitung eines Einsatzes der Technologie im Rahmen einer Mondmission einfließen. Dazu laufen bereits konkrete Gespräche mit der Europäischen Weltraumagentur ESA, die am amerikanischen Mondprogramm ARTEMIS beteiligt ist, das ab Mitte des Jahrzehnts wieder Menschen auf den Erdtrabanten bringen soll.

„Für zukünftige Raumfahrtmissionen und die Etablierung einer menschlichen Präsenz auf dem Mond oder dem Mars ist die Nutzung der vor Ort vorhandenen Ressourcen von entscheidender Bedeutung. Jedes Kilogramm

Masse, das nicht von der Erde transportiert werden muss, spart enorme Kosten ein.“ erläutert Dr. Georg Pöhle, Projektleiter am Fraunhofer IFAM in Dresden. Speziell Sauerstoff, aber auch Metalle, aus denen sich vor Ort Komponenten, bspw. für zukünftige Mondstationen, erzeugen lassen, werden für die Versorgung von Astronauten und den Betrieb der Infrastruktur in größeren Mengen benötigt. Um die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen, muss die einzusetzende Technik möglichst kompakt und leichtgewichtig konstruiert werden. Sie muss zudem äußerst energieeffizient und wartungsarm arbeiten sowie alle erforderlichen Betriebsstoffe in geschlossenen Kreisläufen nutzen, da diese vor Ort nicht ersetzt werden können. Der im Labormaßstab bereits erfolgreich erprobte ROXY-Prozess (Regolith to Oxygen and Metals Conversion) bietet hierfür im Vergleich zu anderen vorgeschlagenen Verfahren ideale Voraussetzungen. Er ermöglicht eine direkte elektrolytische Abspaltung von Sauerstoff aus Metalloxyden und dessen getrennte Ableitung.

„Das Verfahren entspricht einer Schmelzflusselektrolyse, wobei durch den Einsatz einer speziellen am Fraunhofer IFAM entwickelten durchlässigen Anode der hochreaktive Sauerstoff ab-

bestimmten seltenen Metallen auf der Erde sehr attraktiv und könnte hier bisher übliche, sehr aufwendige und emissionsintensive konventionelle Technologien ersetzen.“, so Prof. Charitos weiter. Er und sein Team bringen umfangreiche Erfahrungen in der Auslegung metallurgischer Prozesstechnologien in das Vorhaben ein und untersuchen darüber hinaus bestehende Anwendungsperspektiven des ROXY-Verfahrens im Bereich der umweltgerechten Gewinnung kritischer Rohstoffe auf der Erde.

„Wir erwarten in den nächsten Jahren die Entwicklung eines wachsenden Geschäftsfeldes für die Rohstoffgewinnung im Weltall.“, so Dr. Achim Seidel, Projektverantwortlicher seitens Airbus: „Mit ROXY kann Airbus seine Stellung als international führender Weltraumtechnologieanbieter weiter ausbauen.“

Der Start des innovativen Vorhabens erfolgte im September 2023. In den ersten zwölf Monaten der Projektlaufzeit ist der Aufbau des MiniROXY-Reaktors vorgesehen. Danach erfolgt bis Mai 2025 eine umfangreiche Test- und Erprobungskampagne, die verschiedene Szenarien späterer Anwendungen berücksichtigt und einerseits die technologischen Grenzen ausloten sowie andererseits Informationen zur Weiterentwicklung des Reaktors für den ge-

der Raumfahrtforschung sein. Das Erfordernis einer möglichst umfassenden Stoffkreislaufschließung sowie höchstgradiger Material- und Energieeffizienz in Kombination mit extremen Umwelt- und Anwendungsbedingungen machen Raumfahrtanwendungen zu einem Technologie- und Innovationstreiber für nachhaltige Versorgungs- und Produktionssysteme. Hierzu kann die TUBAF mit ihren traditionellen Stärken und Kompetenzen einen wertvollen Beitrag leisten, gleichzeitig aber auch kreative Impulse für die Neu- und Weiterentwicklung terrestrischer Ressourcentechnologien aufnehmen.

Ein ebenfalls auch in Bezug auf terrestrische Anwendungen höchst attraktives Forschungsfeld bildet die Entwicklung kreislaufbasierter autarker Versorgungssysteme. So gewährleisten die heutigen Lebenserhaltungssysteme, die auf Raumstationen eingesetzt werden, bereits eine weitgehende Schließung der Stoffkreisläufe bspw. für Atemluft und Wasser. Mit der Entwicklung einer neuen Generation bioregenerativer Systeme sollen praktisch emissionsfreie Versorgungssysteme ermöglicht werden, die auch die Ernährung und Materialversorgung mit einschließen. In Hinblick auf die erforderliche Extensivierung der Nutzung von

Umweltressourcen sowie die Anpassung an die sich mit dem Klimawandel ergebenden Herausforderungen sind entsprechende Entwicklungen auch für die Anwendung auf der Erde von hoher Relevanz. Aufbauend auf Ideen, die im Rahmen von ERIS entwickelt wurden, sollen auch hier gemeinsame Projekte weiterentwickelt und umgesetzt werden.



Grafik: Airbus

Abb 3: Anwendungsszenario ROXY-Technologie

geleitet wird.“ erklärt Prof. Dr. Alexandros Charitos, Leiter des Instituts für Nichteisenmetallurgie und Reinststoffe an der TU Bergakademie Freiberg. „Durch diese Besonderheit ist das Verfahren auch für die Gewinnung von

planten Einsatz auf dem Mond liefern soll.

Sowohl das Vorhaben MiniROXY als auch die bestehenden Kontakte aus ERIS sollen Türöffner für die Beteiligung der TUBAF an weiteren Vorhaben

¹ Kontakt: Jens.Grigoleit@zuv.tu-freiberg.de

² <https://transforming-chemistry.org/>

³ <https://www.deutscheszentrumastrophysik.de/>

Erdbebenbeobachtung am Seismologischen Observatorium Berggießhübel

Olaf Hellwig, Anja Zeibig

Aufgaben des Observatoriums

Am 06.02.2023 erschütterte ein Erdbeben mit einer Momentenmagnitude M_w 7,8 die Grenzregion zwischen der Türkei und Syrien. Dieses Beben und zahlreiche Nachbeben ereigneten sich an einem über 400 km langen Abschnitt der Ostanatolischen Verwerfung, die die Grenze zwischen Anatolischer und Arabischer Platte bildet. Es war das opferreichste Erdbeben seit dem Beben in Haiti im Jahr 2010. Entsprechend ausführlich war die Medienberichterstattung darüber.

Nur wenigen Beschäftigten und Studierenden der TU Bergakademie Freiberg ist bekannt, dass unsere Universität in Berggießhübel im Osterzgebirge zehn Kilometer südlich von Pirna ein seismologisches Observatorium betreibt, in dem auch das Türkei-beben erfasst und ausgewertet wurde. Die in Berggießhübel gewonnenen Daten dienen vor allem der Erdbebenüberwachung in Sachsen im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) sowie der Erfassung der weltweiten Seismizität. Der Seismometerstandort 36 m unter der Erdoberfläche im Hildebrandtstolln bietet mit der direkten Ankopplung der Messgeräte an das Grundgebirge und nahezu ungestörten Aufstellungsverhältnissen optimale Registrierbedingungen.

Da sich Erdbebenwellen im gesamten Erdkörper ausbreiten, bilden seismologische Daten die Grundlage für die Erforschung des strukturellen und stofflichen Aufbaus sowie des Zustands der Materie im Erdinnern. Dazu stellt das Observatorium nationalen und internationalen Datenzentren Wellenformdaten und deren Auswertung bereit. Berggießhübel ist mit seiner seismischen Station auch Bestandteil des weltweiten seismologischen Netzes zur Überwachung und Lokalisierung von Kernwaffentests. Außerdem ist das Observatorium neben der seismologischen Routineauswertung in die praxisnahe Ausbildung von Studierenden im Bachelor-Studiengang Geoinformatik und Geophysik sowie im Master-Studien-

gang Geophysik eingebunden.

Von der Gründung im Jahr 1957 bis heute

Die Entstehung des Observatoriums geht auf eine Initiative von Prof. Dr. Wolfgang Buchheim (1909-1995) zurück, der damit als Direktor des Instituts für Theoretische Physik und Geophysik einen Beitrag zum Projekt „Internationales Geophysikalisches Jahr“ leistete. Dieses Projekt hatte in der Zeit zwischen Juli 1957 und Dezember 1958 die Intensivierung der internationalen Forschung auf den Gebieten der Geophysik zum Ziel. Als ein geeigneter Ort für geophysikalische Messungen bot sich der Hildebrandtstolln in Berggießhübel an, der in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zur Erkundung einer Magnetit-Eisenerzlagstätte angelegt wurde. Im Jahr 1957 erfolgten der Bau des Stationshauses (Abbildung 1) und die Inbetriebnahme des Observatoriums als Erdzeitenstation. Seit 1966 findet eine kontinuierliche seismische Registrierung statt, zunächst mit einem langperiodischen Seismometer der Bauart VSJ-I und galvanometrisch-fotografischer Registrierung. Mit der Zentralisierung der Erdbebenüberwachung in der DDR im Jahr 1970 wurde das Observatorium dem Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) der Akademie der Wissenschaften der DDR in Potsdam

angegliedert. Ein Jahr später wurde das langperiodische Seismometer um ein kurzperiodisches Seismometer vom Typ VSJ-II ergänzt, so dass der Standort mit dieser instrumentellen Ausstattung unter dem Stationscode BRG in das weltweite Netz standardisierter seismischer Stationen (WWSSN) integriert werden konnte.

1974 begann die seismologische Routineauswertung nach vorgegebenen Standards mit Meldung der Ergebnisse an die internationalen Datenzentren WDC-B (Weltdatenzentrum in Moskau), NEIC (Nationales Erdbebeninformationszentrum in den USA) und ISC (Internationales Seismologisches Zentrum in Großbritannien). Vom heutigen Standpunkt aus mag es überraschend erscheinen, dass mitten im Kalten Krieg trotz aller ideologischer Differenzen zwischen den Machtblöcken ein reger wissenschaftlicher Austausch bei der Erforschung des Erdkörpers bestand. Vielleicht sollten wir uns heute ein Beispiel an dieser Zeit nehmen, in der diese vertrauensbildenden Maßnahmen einen Wandel durch Annäherung bewirkt haben. Das beruhte nicht zuletzt auf der Überzeugung, dass Friedenssicherung nur miteinander und nicht gegeneinander erreicht werden kann. Abschottung, wirtschaftliche Isolation und Aufrüstung sind dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn hinderlich und haben



Abb 1: Ansicht des Observatoriums Berggießhübel. Der Zugang zum Hildebrandtstolln mit den Messkammern befindet sich an der Bergflanke links neben dem Gebäude.

schließlich noch nie dazu beigetragen, Interessengegensätze zu überbrücken sowie Konflikte dauerhaft zu befrieden.

Als Folge der deutschen Wiedervereinigung wurde das ZIPE 1992 aufgelöst. Das neugegründete GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam übernahm zunächst das Observatorium Berggießhübel. Zu dieser Zeit erfolgte in Deutschland der Aufbau eines Netzes von modernen, digitalen Breitbandstationen. Berggießhübel wurde in diesem Rahmen 1993 mit einem hochempfindlichen triaxialen Streckeisen-Seismometer vom Typ STS-2 ausgestattet. Dieses Breitbandseismometer registriert die Bodenbewegung im Frequenzbereich zwischen ca. 0,01 Hz und 50 Hz und erfüllt bis heute die Aufgaben der zuvor verwendeten elektrodynamischen Seismometer mit gesteigerter Präzision. Damit wurde Berggießhübel zu einer Station des Deutschen Regionalen Seismischen Breitbandnetzes (GRSN) aufgewertet und in das Globale Digitale Seismografennetz (GDSN) integriert.

Im Jahr 1994 erfolgte schließlich die Wiederangliederung des Observatoriums an das Institut für Geophysik der TU Bergakademie Freiberg.

Von aktuellen seismischen Ereignissen, Pipelinesprengungen in der Ostsee und explosiven Vulkanausbrüchen

Die Breitbandstation in Berggießhübel registriert jedes Jahr durchschnittlich zwischen 8000 und 10000 seismische Ereignisse, die am Observatorium ausgewertet werden. Bei knapp 40 % dieser Ereignisse handelt es sich um Steinbruchsprengungen im Entfernungsbereich bis 200 km. Weltweit auftretende, natürliche Erdbeben mit einer Herdentfernung größer als 1000 km werden ungefähr ab Magnitude 5 vollständig erfasst.



Abb 2: Herdlage weltweit auftretender Erdbeben, von denen in Berggießhübel im Jahr 2021 mindestens eine Phase aufgezeichnet wurde.

Abbildung 2 stellt für das Jahr 2021 die globale Verteilung von Hypozentren der Erdbeben dar, von denen in

Berggießhübel mindestens eine Phase registriert wurde. Die Konzentration entlang der Plattengrenzen belegt den tektonischen Ursprung der meisten dieser Beben, wobei in den Subduktionszonen im Südwestpazifik und vor der Küste Japans zum Teil Herdtiefen bis über 500 km beobachtet werden. Im Nahbereich unter 1000 km Herdentfernung werden auch schwächere Erdbeben registriert, darunter vor allem aus dem Alpenraum und aus Süddeutschland (Schwäbische Alb und Oberrheingraben). Abbildung 3 zeigt die Lage der Epizentren von Erdbeben in Sachsen und unmittelbar angrenzenden Gebieten für den Zeitraum von 2017 bis 2022. Einen Schwerpunkt der lokalen Seismizität bilden die Herdregionen im Vogtland und bei Nový Kostel in Westböhmen. Zuletzt traten dort in den Jahren 2014, 2018 und 2021 innerhalb jeweils kurzer Zeitspannen zahlreiche Erdbeben auf. Davon erreichten einige wenige Lokalmagnituden über 4. Diese erdbebengefährdete Zone setzt sich nach Norden

bis in den Raum Leipzig/Halle fort. Einzelne tektonische Beben können auch im Erzgebirge, in der Elbtalzone und in der Oberlausitz verortet werden. In Abbildung 3 sind außerdem induzierte Beben bei Lubin und Polkowice in Niederschlesien zu erkennen, die dort vom Kupferschieferbergbau verursacht werden. Die stärksten dieser Bergschläge sind auch in Ostsachsen wahrnehmbar.

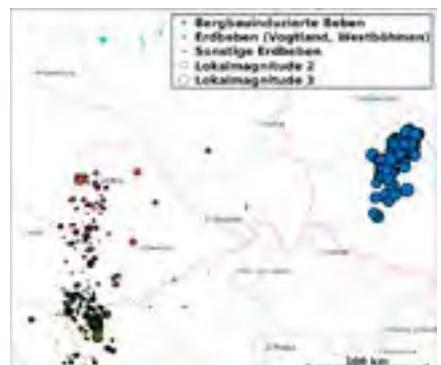


Abb 3: Übersichtskarte zu Erdbeben in Sachsen und angrenzenden Gebieten für die Jahre 2017 bis 2022.

Induzierte Erdbeben im Erzgebirge als Folge des tiefen Bergbaus im Raum Aue sind dagegen seit der abgeschlossenen Flutung der Grubenbaue selten gewor-

den. Weitere seismische Ereignisse treten in der Niederlausitz im Bereich der ehemaligen Tagebaue durch Setzungsfließen nach dem Wiederanstieg des Grundwasserspiegels auf, so z. B. die Rutschung am Knappensee bei Hoyerswerda, die sich am 11.03.2021 während Sanierungsarbeiten ereignete.

Auf zwei ungewöhnliche Ereignisse, die in Berggießhübel in letzter Zeit registriert und ausgewertet wurden, soll im Folgenden näher eingegangen werden. Am 26.09.2022 wurden am Observatorium auch die Sprengungen der Nord-Stream-Pipelines in der Ostsee aufgezeichnet. Abbildung 4 zeigt die Registrierung der ersten Sprengung in

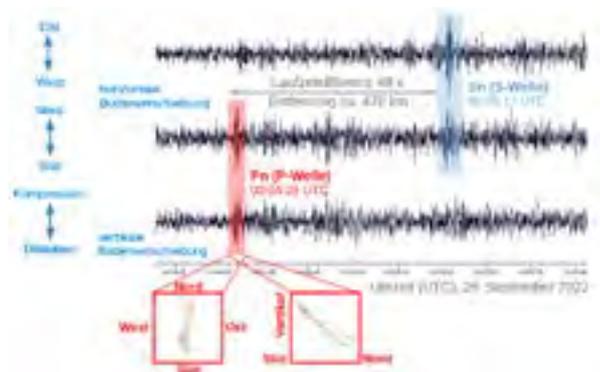


Abb 4: Aufzeichnung der Sprengung an den Pipelines Nord-Stream 1 und 2 an der Station Berggießhübel am 26.09.2022.

der Nacht vom 25. auf den 26.09.2022.

Erdbebenwellen aus dieser Entfernung laufen als refraktierte Wellen an der Grenze zwischen Erdkruste und Erdmantel entlang und strahlen Kopfwellen zur Erdoberfläche ab. P- und S-Wellen mit diesem Laufweg werden mit Pn und Sn bezeichnet. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten trifft die Pn-Welle vor der Sn-Welle in Berggießhübel ein. Aus dem Laufzeitunterschied kann die Herdentfernung berechnet werden. Im Fall der Sprengungen um 00:03 Uhr und 17:04 Uhr UTC wurden Entfernungen von ca. 470 km bzw. 530 km ermittelt. Für die Festlegung des Herdortes muss zusätzlich die Einfallrichtung der Wellen bestimmt werden. Da P-Wellen in Ausbreitungsrichtung polarisiert sind, lässt sich mit der Aufzeichnung der drei räumlichen Komponenten der Bodenverschiebung auf die Einfallrichtung schließen. Die Projektion der Verschiebung in die Horizontalebene in Abbildung 4 zeigt zunächst eine Bewegung in Nord-Süd-Richtung. Unter Zuhilfenahme der vertikalen Bodenverschiebung ist zu erkennen, dass die Welle

aus Norden auftaucht. Der Back-Azimuth, ausgehend von der Nordrichtung im Uhrzeigersinn gemessen, beträgt für beide Sprengungen 3° . Da die Amplituden der zugehörigen Welleneinsätze die natürliche Bodenunruhe nur leicht übertreffen, ist der Back-Azimuth mit einer Unsicherheit von ca. 10° behaftet. Gegenüber den tatsächlichen Herdorte der beiden Explosionen ergibt die Lokalisierung mit den Daten aus Berggießhübel deshalb Herdorte, die ca. 80

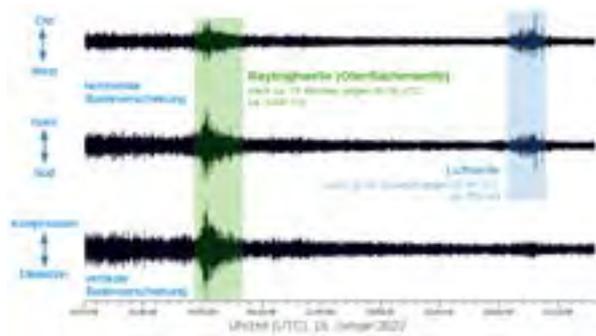


Abb 5: Aufzeichnung der Explosion des Vulkans Hunga Tonga-Hunga Ha'apai im Südwestpazifik an der Station Berggießhübel am 15.01.2022.

bis 90 km zu weit westlich liegen. Aufgrund der geringen Signalamplitude ist auch die Magnitudenbestimmung basierend auf den Observatoriumsregistrierungen nicht sehr zuverlässig. Unter Zuhilfenahme weiterer Stationen gibt der Seismologieverbund Mitteldeutschland für das erste Ereignis eine Lokalmagnitude ML 3,2 an. Das Seismologische Zentrum für Europa und den Mittelmeerraum (EMSC) meldet eine Lokalmagnitude ML 3,1 für die zweite Sprengung am Abend des 26.09., was einer Energiefreisetzung in der Größenordnung zwischen 500 kg und 1000 kg TNT-Äquivalent pro Ereignis entspricht.

Am 15.01.2022 ereignete sich um 04:14:55 Uhr UTC im Südwestpazifik eine explosive Eruption des Vulkans Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, deren Wirkung auch im 16500 km entfernten Berggießhübel messbar war, wie Abbildung 5 verdeutlicht. Die Ankunft der Rayleighwelle ist ca. 75 Minuten nach der Explosion gegen 05:30 Uhr UTC auf allen drei Komponenten der Bodenverschiebung gut zu erkennen. Das Seismologische Zentrum für Europa und den Mittelmeerraum (EMSC) gibt zu diesem Ereignis eine Momentenmagnitude von Mw 5,8 an. Normalerweise wären von einem Erdbeben dieser Stärke in Berggießhübel auch Einsätze von

Raumwellen zu erwarten, die bei dieser Herdentfernung den Erdkern durchlaufen würden. In Berggießhübel wurden aber keine Raumwellen beobachtet, die diesem Vulkanausbruch zugeordnet werden können. Dafür verursachte die Eruption eine atmosphärische Druckwelle, die fast 16 Stunden später, am Abend gegen 20:00 Uhr UTC von Norden in Berggießhübel eintrifft. Offenbar entwich bei der Explosion ein großer Teil der Energie in die Atmosphäre, während die Abstrahlung seismischer Wellen ins Erdinnere vergleichsweise gering war.

Überraschenderweise bildet sich die Luftwelle vorwiegend auf den beiden Horizontalkomponenten ab, obwohl ein Seismometer eigentlich nicht für die Erfassung von Druckschwankungen in der Atmosphäre geeignet ist. Für diese Beobachtung gibt es

zwei Erklärungsansätze, die in den Abbildungen 6a und 6b skizziert sind: Die Druckwelle der Explosion verursacht am Beobachtungsort Luftdruckschwankungen mit Periodendauern von wenigen Minuten. Bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von ca. 290 m/s und einer Periodendauer von ca. 200 s ergibt sich eine Wellenlänge von ungefähr 58 km. Durch abwechselnde Be- und Entlastung der Erdoberfläche auf dieser

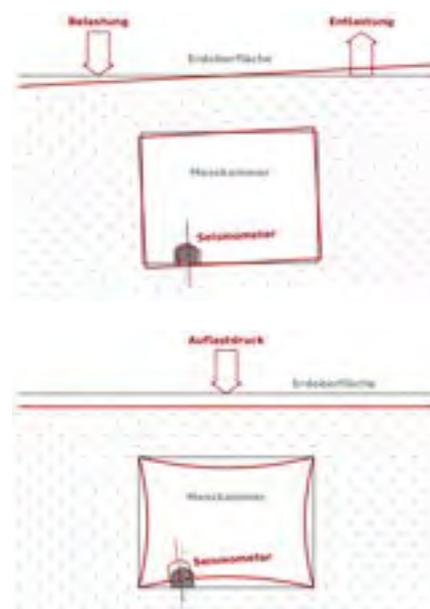


Abb 6a und Abb. 6b: Modellansätze zur Erklärung der Luftwellenregistrierung in Folge der Explosion des Vulkans Hunga Tonga-Hunga Ha'apai.

Skalenlänge, verursacht durch die Luftdruckschwankungen, ist vorstellbar, dass die Erdoberfläche leicht gekippt wird. Auch das Seismometer, das fest an den Boden gekoppelt ist, erfährt damit eine Abweichung von seiner horizontalen Ausrichtung. Die Horizontalkomponenten von Seismometern reagieren sehr empfindlich auf diese Lageabweichung, weil sie dadurch neben den seismischen Wellen zusätzlich einen zeitlich veränderlichen Bruchteil der Erdschwerebeschleunigung registrieren. Eine weitere Erklärung wird in Abbildung 6b gezeigt. Die abwechselnde Be- und Entlastung des Deckgebirges kann eine periodische Deformation der freistehenden, ebenen Begrenzungsflächen der Untertagemesskammern hervorrufen, die sich dadurch nach innen und außen wölben. In Abhängigkeit vom Standort des Seismometers kann auch dieser Vorgang eine zeitlich veränderliche Messgeräteeigung mit Störung der Horizontalkomponenten bewirken.

Ausblick auf die weitere Entwicklung der Erdbebenbeobachtung in Berggießhübel

Der Standort im Hildebrandtstolln in Berggießhübel bietet im Moment noch optimale Bedingungen für die Beobachtung weltweit auftretender Erdbeben. Im Gegensatz zu größeren Orten wie Freiberg werden die Messungen dort kaum von anthropogen verursachten Bodenerschütterungen, wie z. B. stark befahrene Verkehrswege und schwere Maschinen in Industriebetrieben, gestört. Auch die geologischen Gegebenheiten und die große Entfernung zur Küste im Hinblick auf meeresinduzierte Mikroseismik tragen dazu bei, dass das Observatorium Berggießhübel neben dem Schwarzwaldobservatorium in Baden-Württemberg (Stationscode BFO) und dem Observatorium Collm bei Oschatz (Stationscode CLL) zu den deutschlandweit wenigen seismologischen Stationen mit einer sehr niedrigen Detektionsschwelle zählt. Im Frequenzbereich oberhalb von 1 Hz sind Erdbebenwellen in Berggießhübel mit einer Bodenverschiebungsamplitude von ca. einem Nanometer detektierbar.

Mit dem politisch forcierten Ausbau der Windkraft, die sich wegen der dafür nutzbaren Flächen auf den ländlichen Raum konzentriert, gibt es aber eine wachsende Anzahl von künstlichen

Störquellen, die die Detektion von Erdbeben erschwert. Wind und der Vorbeilauf der Rotorblätter am Turm einer Windkraftanlage regen dessen Eigenmoden an. Über die Fundamente wird die Bewegung des Turms in Form von Oberflächenwellen in den Boden eingetragen. Diese Wellen sind im Umkreis von mehreren Kilometern um die Windkraftanlagen messbar. Problematisch ist vor allem, dass diese Störsignale zeitlich kontinuierlich auftreten und die angeregten Eigenfrequenzen der Windenergieanlagen zwischen 0,5 Hz und 10 Hz den Frequenzbereich überdecken, der für die Registrierung von lokalen Beben und für P-Wellen von Fernbeben von Bedeutung ist. Bisher gibt es keine Möglichkeit, diese Störungen ohne den Verlust von entscheidenden Informationen aus den seismologischen Registrierungen zu filtern. Entsprechend ist die seismologische Überwachung zumindest im Umfeld der sehr empfindlichen, global bedeutsamen Breitbandstationen wie in Berggießhübel auf eine weiträumige Vermeidung von Störquellen angewiesen, die aber wegen des wachsenden Bedarfs an elektrischer Energie und den damit verbundenen wirtschaft-

lichen Interessen der Anlagenbetreiber politisch kaum durchsetzbar ist. Erschwerend kommt hinzu, dass in den letzten Jahren immer höhere und leistungsfähigere Windenergieanlagen mit einem wachsenden Einflussbereich errichtet wurden. In der Stadt Bad Gottleuba-Berggießhübel existieren nun Pläne für die Errichtung eines Windparks an der Bundesautobahn A 17 bei Börnersdorf mit einer Gesamtnennleistung von 42 MW in nur sechs bis sieben Kilometern Entfernung zum Observatorium. Es steht zu befürchten, dass die vorgesehenen Windkraftanlagen mit einer Nabenhöhe von ca. 170 m und einem Rotordurchmesser von 160 m zu einer massiven Störung der Registrierung seismischer Wellen in Berggießhübel führen werden. Ähnliche Planungen für den Ausbau der Windkraftnutzung gibt es übrigens auch in unmittelbarer Nähe der zweiten sächsischen Regionalnetzstation am Observatorium Collm.

Einschränkungen im Observatoriumsbetrieb sind auch mit der geplanten Errichtung der Eisenbahnneubaustrecke zwischen Dresden und Prag zu erwarten, die die grenzüberschreitende Bahnstrecke im Elbtal entlasten und

das Osterzgebirge in einem mehr als zwanzig Kilometer langen Basistunnel unterqueren soll. Verschiedene Trassenführungen stehen zur Diskussion, wobei das Observatorium Berggießhübel unmittelbar am Rand des Planungskorridors liegt. Bei Realisierung einer im Moment favorisierten östlichen Trassenvariante würden die Tunnelröhren circa einen Kilometer entfernt am Observatorium vorbeiführen. Wünschenswert wäre aus seismologischer Sicht zumindest eine Tunnelvariante, die nicht durch den gleichen Bergrücken verläuft, in dem sich die Messkammern mit dem Breitbandseismometer befinden, sondern weiter westlich, nahe der Bundesautobahn A 17.

Trotz aller anstehenden Herausforderungen bleibt zu hoffen, dass das Seismologische Observatorium Berggießhübel auch in Zukunft erhalten bleibt und weiterhin einen Beitrag zur Erdbebenbeobachtung sowie zur praxisnahen Ausbildung von Studierenden an der TU Bergakademie Freiberg leisten kann.

Kontakt:

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Olaf.Hellwig@geophysik.tu-freiberg.de

Als das Leben makroskopisch wurde - Das Ediacarium und Kambrium der Digermulen-Halbinsel (Finnmark, Nordnorwegen)

Guido Meinhold

Abgesehen von einigen Ausnahmen haben sich makroskopische, vielzellige Tiere erst seit circa 580 Millionen Jahren vor heute im Ediacarium (635 bis 539 Millionen Jahre vor heute) weltweit entwickelt. Im nachfolgenden Kambrium (539 bis 485 Millionen Jahre vor heute) sind dann die meisten der heute bekannten Tierstämme erschienen. Eines der wenigen Gebiete in Europa, wo man versteinerte Reste und Spuren von makroskopischen, vielzelligen Tieren in Sedimentgesteinen aus dem Ediacarium und Kambrium finden kann, ist Finnmark im nördlichsten Teil Norwegens. Auf der Digermulen-Halbinsel im Westteil vom Tanafjord sind solche Gesteine sehr gut aufgeschlossen und erlauben spannende Einblicke in die Zeit, als das Leben makroskopisch wurde.

Motivation

Die Entwicklung des Lebens ist eine spannende Geschichte mit noch vielen offenen Fragen. Makroskopische, viel-

zellige Tiere (Metazoen) haben sich erst seit circa 580 Millionen Jahren vor heute mit zunehmender Diversität entwickelt und global verbreitet. Die Zeitscheibe des Ediacarium nimmt dabei eine Schlüsselstellung ein. Sie wurde benannt nach der berühmten Ediacara-Fauna. Dabei handelt es sich um eine charakteristische, relativ artenarme Faunengemeinschaft von Metazoen, die keinerlei Ähnlichkeit mit heutigen Tiergruppen erkennen lassen. Auf die Zeit der Ediacara-Fauna folgt die bemerkenswerteste Zeit der Evolution in der Erdgeschichte, das Kambrium und damit einhergehend



Abb 1: Lage des Arbeitsgebietes in Nordnorwegen. Da es auf der Digermulen-Halbinsel keine Straßen gibt, erfolgte die Anreise vom Festland aus mit dem Boot. Für den jeweils zweiwöchigen Aufenthalt auf der Halbinsel musste alles Essentielle, wie beispielsweise Zelte, Schlafsäcke, ausreichend Nahrung sowie Utensilien für die Bergung von Fossilien und Verpackungsmaterialien mitgenommen werden. Aufgrund des Wetters nördlich des Polarkreises ist Geländearbeit nur in den Sommermonaten am besten im Juli und August durchzuführen. Aber auch zu dieser Jahreszeit kann es noch Schneefelder in den höheren Lagen auf dem Festland und der Halbinsel geben. Quelle: Erstellt unter Zuhilfenahme von Satellitenbildern aus Google Earth (<http://earth.google.com>)



Abb 2: Ein Fragment der neu beschriebenen Gattung und Art *Cyathinema digermulense* aus der Nyborg-Formation (Digermulden-Halbinsel, Nordnorwegen). Quelle: Agic et al. [5]

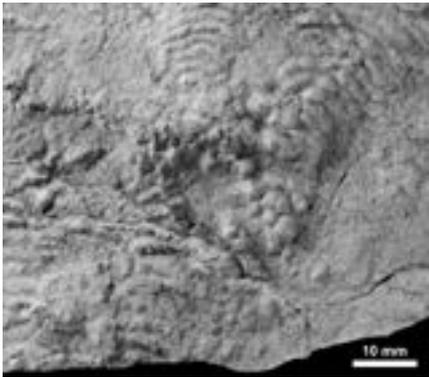


Abb 3: Das abgebildete Körperfossil *Palaeopascichnus* wurde im älteren Teil der Ståhpogieddi-Formation (Digermulden-Halbinsel, Nordnorwegen) gefunden. Der Organismus gehört höchstwahrscheinlich zu den Protisten so wie auch Foraminiferen. Die stratigraphische Reichweite von *Palaeopascichnus* liegt bei circa 565 bis 541 Millionen Jahren vor heute. Quelle: Jensen et al. [3]

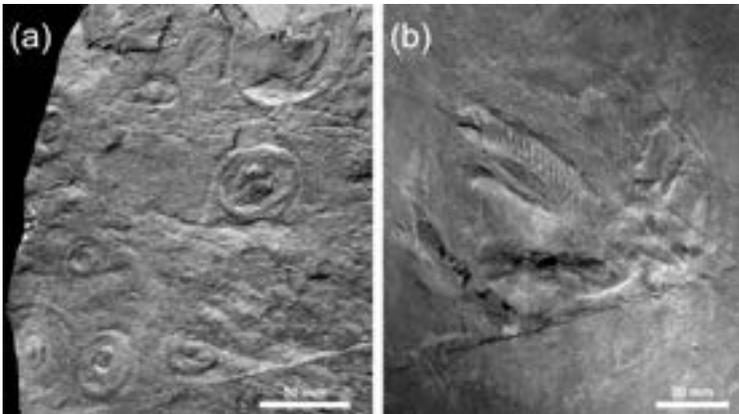


Abb 4: Ediacara-Fauna von der Ståhpogieddi-Formation (Digermulden-Halbinsel, Nordnorwegen). (a) Scheibenförmige Fossilien vom *Aspidella*-Typ. (b) Ein „Farnwedel-artig“ organisierter Organismus ähnlich *Swartpuntia*. Quelle: Meinhold et al. [6]

die Kambrische Radiation – oft auch als „Kambrische Explosion“ bezeichnet, bei der sich fast alle der heute bekannten Tierstämme entwickelt haben. Schon der englische Naturforscher Charles Darwin (1809-1882) erkannte bereits das plötzliche Auftreten ganzer Gruppen verwandter Arten in den ältesten fossilführenden Sedimentschichten [1]. Seit Darwin's Buch „On the Origin of Species by means of Natural Selection ...“ sind Sedimentgesteine aus dem Ediacarium-Kambrium-



Abb 5: Das kambrische Spurenfossil *Treptichnus pedum* (früher auch *Phycodes pedum*) aus dem höheren Teil der Manndrapselva-Subformation (höherer Teil der Ståhpogieddi-Formation, Digermulden-Halbinsel, Nordnorwegen). Dieses komplexe Spurenfossil wird oft als Anzeiger für die Festlegung der Ediacarium/Kambrium-Grenze herangezogen. Quelle: Jensen et al. [2]

Abschnitt für die wissenschaftliche Forschung von großem Interesse, um die Diversifikation des eukaryotischen Lebens und den Beginn der Radiation der Metazoen zu entschlüsseln. Sedimentgesteine spielen nicht nur eine wichtige Rolle bei der Erhaltung von Organismen, sondern liefern auch zahlreiche Informationen wie beispielsweise Ablagerungsumgebung (z. B. kontinental versus marin), Wassertiefe (falls lakustrine oder marine Sedimente) und Sauerstoffgehalt im Bereich der Sediment/Wasser-Grenzfläche (reduzierendes versus oxidierendes Milieu). Petrographische, geochemische und isotopische

Untersuchungen erlauben Rückschlüsse auf die Herkunft des Sedimentmaterials (Provenienz) und liefern somit Kenntnisse zur Paläogeographie. Diese Informationen sind für ein besseres Verständnis der vielleicht wichtigsten Periode der Erdgeschichte unerlässlich.

Weltweit gibt es nur wenige Stellen, wo man versteinerte Reste und Spuren von makroskopischen Metazoen aus dem Ediacarium und Kambrium in einer fast kontinuierlichen stratigraphischen Abfolge finden kann. Eines der wenigen Gebiete in Europa ist Finnmark im nördlichsten Teil Norwegens. Im Rahmen eines Forschungsprojekts, wel-

ches vom Norwegischen Forschungsrat (Norges forskningsråd, Förderkennzeichen 231103) für mehrere Jahre finanziert wurde, hatte ich die Möglichkeit zusammen mit einem Team von internationalen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf der abgelegenen Digermulden-Halbinsel im Westteil vom Tanafjord (Abb. 1) während mehrerer Geländeaufenthalte die dort hervorragend aufgeschlossenen Sedimentgesteine und die darin enthaltenen Fossilien zu untersuchen.

Geologischer Überblick

Die sedimentäre Abfolge vom Ediacarium und Kambrium auf der Digermulden-Halbinsel umfasst in stratigraphischer Reihenfolge (alt nach jung) die Nyborg-, Mortensnes-, Ståhpogieddi-, Breidvika-, Duolbagáisá- und Kistedalen-Formationen [2,3]. Die Präkambrium/Kambrium-Grenze bzw. Ediacarium/Kambrium-Grenze befindet sich im jüngeren Teil der Ståhpogieddi-Formation und ist anhand von Mikro- und Makrofossilien sehr gut definiert. Die gesamte Abfolge besteht hauptsächlich aus siliziklastischen Sedimentgesteinen (Tonstein, Siltstein und Sandstein). Die Mortensnes-Formation enthält Diamiktite. Das sind massige, kaum sortierte, matrixgestützte Sedimentgesteine, in denen Gesteinsfragmente von Millimeter bis mehrere Dezimeter Größe unregelmäßig eingelagert sind. Die Diamiktite der Mortensnes-Formation werden als glaziale Ablagerungen interpretiert und bisher zeitlich meist mit etwa 580 Millionen Jahre alten Diamiktiten der Gaskiers-Eiszeit korreliert [3]. Die Typlokalität für die Gaskiers-Eiszeit ist bei Gaskiers auf der Avalon-Halbinsel im östlichen Teil der Insel Neufundland (Kanada). Die Manndrapselva-Subformation (höherer Teil der Ståhpogieddi-Formation) enthält vereinzelt karbonatische Lagen und Karbonatkonkretionen [4]. Einige der Karbonatgesteine bestehen aus Sphärolithen (radialstrahlig gewachsene Kalzit-Kristalle) sowie Cone-in-Cone-Strukturen (ineinander gesetzte konzentrische Kegel aus fibrösem Kalzit). Letztere sind sekundäre Sedimentstrukturen, die im Verlauf der Diagenese gebildet wurden. Die sedimentäre Abfolge auf der Digermulden-Halbinsel hat eine schwache metamorphe Überprägung während der Kaledonischen Orogenese vor etwa 450 bis 430 Millionen Jahren erfahren. Dabei kam es zur Ausbildung

einer Schieferung. In den Bereichen, wo die Schieferung parallel zur Schichtung verläuft oder diese nur unter sehr geringem Winkel schneidet, ist die Erhaltung von Makrofossilien günstig und Fossilfunde sind möglich.

Fossilfunde

Die bisher ältesten organischen Fossilreste von der Digermulen-Halbinsel stammen aus der Nyborg-Formation [5]. Neben Acritarchen (Mikrofossilien, zum großen Teil marine Algen-Zysten) wurden auch Teile eines größeren Organismus (mehrzelliger Eukaryot oder einer Kolonie) gefunden und eine neue Gattung und Art beschrieben, *Cyathinema digermulense* (Abb. 2). Das älteste makroskopische Körperfossil ist *Palaeopascichnus* aus der Ståhpogieddi-Formation (Abb. 3). In etwas jüngeren Sedimentschichten findet man scheibenförmige Fossilien vom *Aspidella*-Typ (Abb. 4a) innerhalb einer Fazies aus roten und grünen Siltsteinen [6]. Eine vielfältigere Assoziation von Fossilien der Ediacara-Fauna findet sich in einer Fazies mit einem höheren Anteil an Sandstein (Abb. 4b). Das erste Auftreten des Spurenfossils *Treptichnus pedum* (Abb. 5) definiert die Basis vom Kambrium. Im basalen Teil der Breidvika-Formation finden sich auf einigen Schichtflächen teilweise sehr gehäuft Reste von röhren-

förmigen, nicht mineralisierten Metazoen. Vor allem die sandigen Partien der Duolbagáisá-Formationen zeichnen sich durch eine Vielzahl an Spurenfossilien aus, unter anderem *Cruziana* und *Rusophycus*. Die Verursacher dieser Spuren waren Trilobiten, eine ausgestorbene Klasse meeresbewohnender Gliederfüßer (Arthropoden). Das Spurenfossil *Cruziana* geht auf Fortbewegungs- und Fressspuren von Trilobiten zurück. Das Spurenfossil *Rusophycus* ist eine Ruhespur und zeichnet die Umrisse der Unterseite des Spurenmakers auf. Neben den Spuren von Trilobiten finden sich aber, jedoch meist nur fragmentarisch, körperliche Überreste von Trilobiten. In den sehr feinkörnigen Sedimenten der Kistedalen-Formation sind selbst sehr filigrane Mikrofossilien außergewöhnlich gut erhalten und erlauben eine detaillierte Biostratigraphie mittels Acritarchen. Da die wissenschaftlichen Untersuchungen an dem von der Digermulen-Halbinsel geborgenen Probenmaterial noch nicht abgeschlossen sind, wird man künftig noch auf weitere sedimentologisch-paläontologische Entdeckungen hoffen können.

Kontakt:

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

Literatur:

- 1 Darwin, C., 1859. On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray, London, 502 S.
- 2 Jensen, S., Högström, A.S., Almond, J., Taylor, W.L., Meinhold, G., Høyberget, M., Ebbestad, J.O.R., Agić, H., Palacios, T., 2018. Scratch circles from the Ediacaran and Cambrian of Arctic Norway and the Republic of South Africa, with a review of scratch circle occurrences. Bull. Geosci. 93, 287-304.
- 3 Jensen, S., Högström, A.E.S., Høyberget, M., Meinhold, G., McIlroy, D., Ebbestad, J.O.R., Taylor, W.L., Agić, H., Palacios, T., 2018. New occurrences of *Palaeopascichnus* from the Ståhpogieddi Formation, Arctic Norway, and their bearing on the age of the Varanger Ice Age. Can. J. Earth Sci. 55, 1253-1261.
- 4 Meinhold, G., Jensen, S., Høyberget, M., Arslan, A., Ebbestad, J.O.R., Högström, A.E.S., Palacios, T., Agić, H., Taylor, W.L., 2019. First record of carbonates with spherulites and cone-in-cone structures from the Precambrian of Arctic Norway, and their palaeoenvironmental significance. Precamb. Res. 328, 99-110.
- 5 Agić, H., Högström, A.E.S., Moczyłowska, M., Jensen, S., Palacios, T., Meinhold, G., Ebbestad, J.O.R., Taylor, W.L., Høyberget, M., 2019. Organically-preserved multicellular eukaryote from the early Ediacaran Nyborg Formation, Arctic Norway. Sci. Rep. 9, article no. 14659.
- 6 Meinhold, G., Willbold, M., Karius, V., Jensen, S., Agić, H., Ebbestad, J.O.R., Palacios, T., Högström, A.E.S., Høyberget, M., Taylor, W.L., 2022. Rare earth elements and neodymium and strontium isotopic constraints on provenance switch and post-depositional alteration of fossiliferous Ediacaran and lowermost Cambrian strata from Arctic Norway. Precamb. Res. 381, article no. 106845.

Die Organische Petrologie & Geochemie an der TU Bergakademie Freiberg

Henny Gerschel

1. Unde venis? – Der lange Weg der organischen Petrologie an der Bergakademie Freiberg

Der Beginn der systematischen Beschäftigung mit der Geologie und Wertigkeit fossiler Energierohstoffe durch namhafte Wissenschaftler wie Abraham Gottlob Werner und seinen Schülern wie Georg Philipp Friedrich von Hardenberg (Novalis) kann auf über 200 Jahre zurückdatiert werden. Im Mittelpunkt standen sowohl die sächsischen und schlesischen Steinkohlen – nutzbar für metallurgische Zwecke, als auch Braunkohlen – insbesondere als Energiequelle für die im 18. und beginnenden 19. Jh. aufstrebende Industrie (v. a. das Salinenwesen Mitteldeutschlands). Zu erwähnen ist ferner

die geologische Landesaufnahme durch Bernhard von Cotta und Carl Friedrich Naumann, die unter anderem auf den Nachweis von Braunkohlenvorkommen fokussierte.

Die Institutionalisierung der Geologie fossiler Brennstoffe als Lehr- und Forschungsgebiet geht auf das Wirken Otto Stutzers an der Bergakademie Freiberg und die von ihm initiierte Gründung des weltweit ersten Instituts für Brennstoffgeologie am 01.10.1927 zurück. Seither erfuhr der Fachbereich eine wechselvolle Geschichte (GERSCHEL 2018a), verstand sich jedoch stets als eine applikative Wissenschaft, auch mit engem Bezug zu industriellen Fragestellungen.

2. Status quo – Ein traditionsreicher Fachbereich und seine moderne Fortführung

2.1 Aktuelle Bedeutung

Heute ist der Fachbereich Organische Petrologie & Geochemie an der TU Bergakademie Freiberg nicht nur die älteste, sondern auch eine der letzten akademischen und damit unabhängigen Forschungseinrichtungen auf diesem spezifischen Fachgebiet. Wesentliche Kernkompetenz bilden petrographische Untersuchungen fossiler Organite, insbesondere der Braunkohlen. So war der Fachbereich nicht nur an der Erarbeitung unschätzbaren Erfahrungswerte beteiligt, sondern prägte und entwickelte dieses Fachge-

biet fundamental. Dieser traditionelle Innovationsgedanke ist bis heute gelebte Praxis, geht auf diesen Anspruch doch die Zulassung von Patenten (VOLKMANN et al. 2013) sowie die aktuelle, international gewürdigte Forschung auf den Gebieten der Kohlengese (STANDKE et al. 2002, RASCHER et al. 2013) bzw. der stofflichen Kohlenutzung zurück (GERSCHEL 2016, GERSCHEL et al. in Vorb. a). Erklärtes Ziel des Fachbereichs ist es daher, die Kohlenentstehung, -qualität sowie ihre wirtschaftliche Nutzbarmachung unter ökologischen Gesichtspunkten als Ganzes zu betrachten und anwendungsnahe Beiträge zu allen Teildisziplinen zu leisten (GERSCHEL et al. 2018a). Kontinuität in den Kontakten mit der Industrie ist dabei auch heute einer der Garanten für Bedeutung und prosperierende Entwicklung dieses Zweigs der Geologie. Den aktuellen Zeiten des sich verändernden Umgangs mit den fossilen Kohlenwasserstoffen (KW) trägt der Fachbereich dabei ebenfalls Rechnung. So stellen sich Forschung und Lehre heute bewusst den Fragen der Gegenwart bezüglich Nachhaltigkeit und einer stärkeren Fokussierung auf die grundlagenwissenschaftlichen Themen (z. B. Erforschung von Paläoökologie und Paläoklima anhand des Klima- und Umweltarchivs Braunkohle).

Diesen Wandel hat vor allem die aktuelle Fachbereichsleiterin, Frau Dr. Henny Gerschel, eingeläutet und vorangetrieben. Sie verantwortet seit dem 01. September 2018 die gesamte akademische Lehr- und Forschungstätigkeit im Fachbereich und ist zudem mit der Leitung des Labors für Organische Petrologie sowie der wissenschaftlichen Unterstützung der universitären Brennstoffgeologischen Sammlungen betraut. Unterstützt wird sie durch ihre technische Mitarbeiterin, Frau Marion Möldner, die den Großteil der mikroskopischen Analysen durchführt. Aktuell verstärken zwei weitere, projektfinanzierte Wissenschaftler als Projektmitarbeiter und Doktoranden das Team des Fachbereichs.

2.2 Ausstattung

Wichtigstes Werkzeug des Fachbereichs ist die mikroskopische Untersuchung von Kohlen und KW-haltigen Gesteinen. Herzstück des eigens hierfür etablierten *Labors für organische Petrologie* sind die modernen, mit Ölimmersionsobjektiven ausgestatteten Großfeld-Forschungsmikroskope für Auf- und Durchlichtmikroskopie unter konventioneller

Beleuchtung mit Normallicht sowie unter fluoreszenzanregender Beleuchtung. Diese dienen vor allem zur Mikroanalyse von Kohlen („Maceralanalyse“), organikstämmigen Prozessrückständen („Mikrokomponentenanalyse“) sowie kohlenwasserstoffhaltigen Gesteinen (Abb. 1). Digitale Farbkameras ermöglichen zudem die mikrofotographische Dokumentation. Gekoppelt mit Photometern der neuesten Generation, sind darüber hinaus präzise Reflexionsmessungen an Huminiten und Vitriniten zur Bestimmung des Inkohlungs- bzw. Maturitätsgrades von Kohlen und KW-haltigen Gesteinen durchführbar. Erweiternd hierzu verfügt das Labor über ein Messgerät zur Bestimmung der Mikrohärtigkeit nach Vickers, welche ebenfalls Aussagen zum Reifegrad von Kohlen und KW-haltigen Gesteinen zulässt. Stereomikroskope zur Nachbemusterung von Proben unter mittlerer Vergrößerung sowie verschiedene photometrische Messeinrichtungen zur Bestimmung des Remissionsgrades bzw. zur integralen Oberflächenfluoreszenzintensität (patentiert Eigenentwicklung, VOLKMANN et al. 2013) vervollständigen den apparativen Gerätefundus.

Seit 2018 wurden die Räumlichkeiten des Labors grundlegend neu geordnet, funktional umgestaltet und elektrotechnisch modernisiert. Aktuell steht die weitere Verbesserung von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Fokus der Laborleitung. Ansätze für den Ausbau des Labors bestehen insbesondere hinsichtlich vollautomatischer Scaneinrichtungen zum Digitalisieren von Anschliffen und deren mikroskopische Analyse am Computer bzw. für den Einsatz in der Lehre.

Neben der auf spezifische Problemstellungen abgestimmten Probenahme im Feld kann der Fachbereich für die Bearbeitung von Forschungsthemen auf drei wichtige Archive organopetrologischer Zeugnisse zurückgreifen. Die *Brennstoffgeologische Forschungssammlung* der TU Freiberg – deren nationale Bedeutung das Bochumer Bergbaumuseum mit der Wahl zur Sammlung des Monats erst im

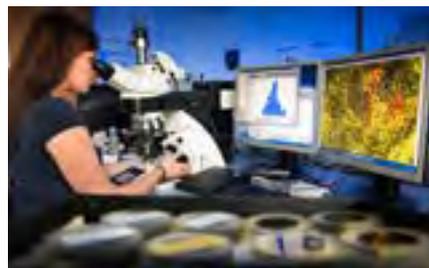


Abb 1: Mikroskopische Untersuchung von Körnerschliffen am Forschungsmikroskop und dem Mikrohärteprüfer.

September 2023 hervorhob – ist dabei von zentraler Bedeutung, insbesondere in Hinsicht auf ihr historisches Vergleichsmaterial. Fundamentales Hilfsmittel ist ebenso die beim Fachbereich über Jahrzehnte aufgebaute *Brennstoffgeologische Schliffsammlung* mit über 400.000 Anschliffen von Kohlen und Veredlungsprodukten sowie kerogenhaltigen Sedimenten. Beide Sammlungen stellen einzigartige Kollektionen unikater und teils unwiederbringlicher Belegstücke aus heimischen und internationalen Sedimentbecken mit hoher wissenschaftlicher Bedeutung dar. Für künftige Untersuchungen sichert der Fachbereich auch loses Referenzmaterial unterschiedlicher Lagerstätten; hierfür steht ein separates Probenlager zur Verfügung. Die kontinuierlich fortgeführten Kartierungen erweitern die bergakademischen Sammlungen zudem stetig. Für eine praxisnahe Studienausbildung pflegt der Lehrbereich die *Kohlegeologische Übungssammlung* mit exemplarischen Handstücken aller Inkohlungsstufen (Torf bis Graphit), Lithotypen, Ausbildungsformen der organischen und anorganischen Einlagerungen und geologischer Bildungsräume.

2.3 Lehraktivitäten

Seit 2018 wurde das Lehrprogramm im Fachbereich Organische Petrologie & Geochemie grundlegend überarbeitet und ausgebaut sowie insbesondere die Master-Module einem klaren hochschuldidaktischen Konzept folgend neu strukturiert und inhaltlich erweitert. Der neu organisierte Lehrplan startet mit der Vorlesung „Allgemeine Lagerstättenlehre der fossilen Organite“. Ausgelegt für Studierende im Bachelor-Niveau oder fachfremder Studienrichtungen fokussiert die Lehrveranstaltung zunächst auf die fundamentalen



Foto: TU Freiberg, Deitlev Müller, 2014

Grundlagen der Kohlen- und Kohlenwasserstoffgenese in sedimentären Systemen. Ergänzt wird dies durch zwei Tagesexkursionen zum Thema Moorkunde und Mitteldeutsches Braunkohlenrevier. Das Master-Modul „Spezielle Lagerstättenlehre der fossilen Organite“ knüpft inhaltlich an. Die deutlich vertiefte Betrachtung der lagerstättenbildenden Prozesse wird durch ein studentisches Vortragsseminar zu internationalen Lagerstätten komplettiert. Die systematische Methodik zur Untersuchung unterschiedlicher Kohlenwasserstoffe (fest / flüssig / gasförmig) und ihrer Lagerstätten von der feldgeologischen und geophysikalisch unterstützen Exploration über makro- und mikropetrographische Untersuchungen bis hin zu chemischen und petrophysikalischen Analysen ist schließlich Gegenstand des Master-Moduls „Organische Petrologie“. Das dem Modul angegliederte abschließende Bohrkernpraktikum dient der praktischen Anwendung und Festigung sämtlicher vermittelter Lehrinhalte.

Hervorzuheben ist die Gewinnung des Sächsischen Oberberghauptmanns, Herrn Prof. Dr. Bernhard Cramer, als externen Dozenten für die Lehre im Bereich „Rohstoffgeologie fluider Kohlenwasserstoffe“. Das von ihm gelehrte zweisemestrige Modul ist inhaltlich mit der weiteren Lehre zu diesem Themengebiet abgestimmt und findet seit dem Sommersemester 2021 jährlich statt. Somit konnte die bisher nur im zweijährigen Turnus erfolgende Lehre in Form eines fünftägigen Blockkurses verstetigt und praxisnah ausgebaut werden. Die Zusammenarbeit mit dem Sächsischen Oberbergamt trägt zudem zur weiteren Vernetzung der Freiburger Universität mit den geowissenschaftlichen Landesbehörden bei und ermöglicht den Studierenden neben fachlichen Aspekten auch wertvolle Einblicke in ein mögliches späteres Arbeitsumfeld. In Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. Bernhard Cramer ist zudem die Etablierung einer größeren Exkursion zu Kohlen-/KW-Lagerstätten in Deutschland und angrenzenden Gebieten vorgesehen.

Aktuell nehmen jährlich rund 50 nationale und internationale Studenten aus Bachelor- und Masterstudiengängen unterschiedlicher Fachrichtungen das Lehrangebot des Fachbereichs in Anspruch. Die größte Hörergruppe entstammt naturgemäß den für die Bergakademie traditionellen, geowissenschaftlich orientierten Ausbildungslinien. Daneben zählen aber auch Geo-

techniker und Bergbauingenieure, Wirtschaftswissenschaftler sowie Verfahrenstechniker zum regelmäßigen Hörerkreis.

Aufgrund des grundlagenbildenden und gleichzeitig anwendungsnahen Lehr- und Forschungsprogramms fertigen jedes Jahr Studierende ihre Qualifizierungsarbeiten am Fachbereich an. Allein in den letzten Jahren waren drei Promotionen mit sehr guten Ergebnissen zu verzeichnen. Die Verleihung des Hanns-Bruno-Geinitz-Preises der Senckenberg Naturhistorischen Sammlungen Dresden im Jahr 2016 für die Dissertationsschrift von Frau Gerschel ehrt dabei die praxisnahe Forschung des Fachbereichs besonders. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt laufen insgesamt vier Qualifizierungsarbeiten am Fachbereich, darunter ein BMW-gefördertes Dissertationsvorhaben sowie ein wirtschaftsfinanziertes Habilitationsvorhaben. Weitere Themen für Qualifizierungsarbeiten auf Bachelor- und Masterniveau sind durch Studierenden bereits angefragt.

Erfahrungen der letzten Jahre und Jahrzehnte belegen, dass die Absolventen des Fachbereichs meist nahtlos Anstellung in der freien Wirtschaft finden und gute Perspektiven auf einen schnellen Aufstieg in Führungspositionen haben. Selbst die aktuellen politischen Entwicklungen schmälern die beruflichen Aussichten kaum, insbesondere durch die kooperativen Ansätze der meisten Qualifizierungsarbeiten, den sich auch in der Wirtschaft vollziehenden Generationswechsel sowie den allseits spürbaren Auswirkungen des Fachkräftemangels.

Mit Blick auf studentische Organisationen ist es mit Unterstützung des Fachbereichs gelungen, im Jahr 2014 das Freiberg Chapter der „American Association for Petroleum Geologists“ (AAPG) zu etablieren.

Neben der Lehrtätigkeit an der Bergakademie Freiberg, sind die Mitarbeitenden des Fachbereichs bestrebt, auch in anderen Forschungseinrichtungen aktiv die Ausbildung zu unterstützen. In der Vergangenheit wurde beispielsweise an der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) ein Kurs zur Kohlengeologie für den Dualen Studiengang Mittleres Management im Rahmen der Bergbau-Ausbildung bei der LEAG angeboten bzw. ein ähnliches Modell von Seiten der Eberhard-Karls-Universität Tübingen angefragt. Aus Kapazitätsgründen seitens des Fachbereichs

ruhen diese Kooperationen gegenwärtig jedoch.

2.4 Forschung

Als Garanten kontinuierlicher Grundlagenforschung dienen dem Fachbereich seit jeher mehrjährige Großprojekte, meist interdisziplinär angelegt in Kooperation mit internen, aber auch externen Partnern. In den letzten Jahren sind vier derartige Projekte durchgeführt worden.

Das von BMBF und Praxispartnern geförderte Forschungsprojekt „Deutsches EnergieRohstoff-Zentrum (DER)“ fokussierte auf die stoffliche Nutzung von Braunkohlen. Wichtige Fragestellungen in diesem Kontext stellten die Strukturauflklärung von Energierohstoffen bzw. die Untersuchung fester Prozessrückstände mit den Methoden der organischen Petrologie dar. Aus dem Projekt gingen verschiedene studentische Abschlussarbeiten, diverse Veröffentlichungen (HAMANN et al. 2014, 2015, GERSCHEL & VOLKMANN 2015, GERSCHEL & SCHMIDT 2016, SINGH et al. 2014, NAIK et al. 2016, VOLKMANN & BÖRNER 2012, VOLKMANN et al. 2018), eine Patentanmeldung (VOLKMANN et al. 2013) sowie die bereits zuvor erwähnte, ausgezeichnete Dissertation von H. GERSCHEL (2016) hervor. Darüber hinaus erfuhren deren Ergebnisse internationale Anerkennung durch Gründung der „Liquefaction Residues Classification Working Group“ unter Leitung von H. Gerschel beim „International Committee for Coal and Organic Petrology“ (ICCP) im Jahr 2015 (GERSCHEL et al. in Vorb. a). Mit einer Laufzeit von fünf Jahren (2010-2014) generierte das Projekt allein im Fachbereich Drittmittel in Höhe von etwa 1,3 Millionen Euro.

Die geowissenschaftlichen Arbeiten des DER-Projekts fanden Fortsetzung in den seit 2015 laufenden Forschungsvorhaben zu geologisch-petrologischen Untersuchungen des niederrheinischen Tertiärs. Im Kontext der Bearbeitung konnten isolierte kohlenpetrologische Fragestellungen gebündelt und eine ganzheitliche sedimentfaziell-geochemische Untersuchung der känozoischen Schichtenfolge vorgenommen werden. Die Projekte werden in Höhe von über 440.000 € durch die RWE Power AG finanziert und kontinuierlich fortgesetzt. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der langjährigen Arbeiten werden unter anderem im Habilitationsvorhaben von Frau Dr. Gerschel münden (z. B. GERSCHEL 2018b, 2019a; GERSCHEL et al. 2017, 2021, 2022, in Vorb. b).

Zum 01.10.2021 startete am Fachbereich ein neues Projekt mit dem Ziel, die Huminsäuren in Braunkohlen auf einen möglichen medikativen Einsatz hin zu erforschen. Hierfür kooperiert der Fachbereich mit der WH Pharmawerk GmbH und der GEOMontan GmbH Freiberg. Das Projekt wird durch das „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand“ des BMW gefördert und durch die MIBRAG mbH unterstützt. Durch die Entwicklung innovativer Lösungskonzepte für die Herausforderungen im medizinischen Einsatz soll eine nachhaltige Nutzung von inländischen Ressourcen bei gleichzeitiger Kompetenzerhaltung in der Region im Fokus stehen. So ist es Ziel des Projekts, einheimische Huminsäure-Vorkommen hinsichtlich ihrer Eignung für einen pharmazeutischen Einsatz zu evaluieren und nach Möglichkeit deren industrielle Nutzung vorzubereiten. Das Projekt will damit auch einen Beitrag zur Konversion der deutschen Braunkohlenindustrie von der großmaßstäblichen Verstromung hin zur substanzselektiven Wertschöpfung des Rohstoffs leisten und somit einen potenziellen Weg im regionalen Strukturwandel aufzeigen.

Im Zeitraum zwischen 2012 und 2017 oblag dem heutigen Fachbereich – damals noch als Arbeitsgruppe Brennstoffgeologie bezeichnet – die fachliche Betreuung des von der DFG mit rund 250.000 € geförderten Projektes „Teildigitalisierung der Brennstoffgeologischen Forschungssammlung an der TU Bergakademie Freiberg“ (GAITZSCH & KOGAN 2018).

Nahezu kontinuierlich gehen darüber hinaus aufgrund der guten Reputation des Fachbereichs aktuell Aufträge für mikroskopische Laboranalysen im Umfang von jährlich etwa 25.000 € von universitätsinternen (z. B. von den Instituten Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Analytische Chemie oder auch Bergbau-Tagebau) und externen Partnern (z. B. ROMONTA, MIBRAG, LEAG oder Fugro N.V.) ein.

Allein seit 2010 hat der Fachbereich insgesamt etwa 2,5 Mio. € an Drittmitteln für die Grundlagenforschung einwerben und somit einen maßgeblichen Beitrag zur Entwicklung des Wissenschaftsstandorts Freiberg leisten können.

Die Zusammenarbeit mit weiteren Kooperationspartnern (u. a. Bereich Sedimentologie / Sammlungen, GEOMontan GmbH, LAOP, LFULG, AWI) ermöglicht zudem die Realisierung von grundlagenwissenschaftlichen Forschungsvorhaben

(z. B. auch TIETZ et al. 2018; GERSCHEL et al. in Vorb. c). Dabei ist besonders auf das Thema Pyropissit zu verweisen, welches sowohl aus historisch-bergbaulicher, lagerstättengeologisch-kohlenpetrologischer als auch geochemischer Sicht bearbeitet wurde und zur Ableitung neuer innovativer Genesemodelle hinsichtlich glazigener Überprägungseffekte von Braunkohlen und dem Verhalten organischer Substanz in der Diagenese führte (GERSCHEL et al. 2015, BELLMANN et al. 2017, GERSCHEL et al. 2018b). Daraus hervorgegangen ist zudem die Wiederbelebung der Diskussion um die internationale Anerkennung des Macerals „Xanthinit“ bei der ICCP. Weitere Arbeiten auf diesem Gebiet sind in Planung.

Aber auch überwiegend akademische Fragen zur regionalen Stratigraphie werden im Fachbereich intensiv bearbeitet. So ist Frau Dr. Gerschel aktiv in verschiedensten Fragenstellungen zur litho- und chronostratigraphischen Erforschung des niederrheinischen und mitteldeutschen Raums eingebunden (z. B. LINNEMANN et al. 2023; GRIMM et al. in Vorb.)

2.5 Veröffentlichungstätigkeit

Neben themenspezifischen Artikeln, Kapiteln und Büchern verbreitet der Fachbereich seine Forschungsergebnisse auch durch Vorträge bei verschiedenen Veranstaltungen (z. B. HAMANN & SCHMIDT 2014). Besonderes Augenmerk sei zudem auf VOLKMANN et al. (2013) gerichtet, eine für die Geowissenschaften als selten zu bezeichnende Patentanmeldung.

Der wissenschaftliche Austausch mit dem nationalen und internationalen Kollegium wird beim Fachbereich durch aktive Beteiligung in diversen Gremien gepflegt. So obliegt ihm seit Jahren die Leitung der Arbeitsgemeinschaft für Organische Petrologie (AKOP) und die Organisation der mehrtägigen Jahrestagungen mit Exkursionen (z. B. GERSCHEL & NIEMZ 2018). Ebenso wird der internationale Wissenstransfer mit der ICCP gepflegt. Vor allem die angewandte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der mikropetrographischen Kohlenuntersuchung für Fragen der stofflichen Nutzung sowie die Vereinheitlichung und Qualifizierung der Maceraltermini stehen hierbei im Fokus. Darüber hinaus beteiligt sich der Fachbereich an der Durchführung der Treffen des Arbeitskreises Bergbaufolgen der DGGV (SCHULZE et al. 2017; GERSCHEL & WREDE 2018; GERSCHEL & WEBER 2019; GERSCHEL & OSWALD 2021).

Parallel zu seinen vorrangig kohlenpetrologischen Aktivitäten ist der Fachbereich auch leitend bei der Subkommission Tertiär-Stratigraphie (SKT) der Deutschen Stratigraphischen Kommission (DSK) organisiert (GERSCHEL et al. 2017; STANDKE et al. 2019). So fand im September 2023 auch ein gemeinsames Jahrestreffen der AKOP und der SKT an der Freiburger Bergakademie statt. Zu diesem Anlass erscheint das Freiburger Forschungsheft C 561 als ein „Abriss zum Tertiär in Ostdeutschland“ – ein 323-seitiger Band mit 25 Fachbeiträgen der führenden Bearbeiter zum Ostdeutschen Tertiär (vgl. GERSCHEL et al. 2023).

Darüber hinaus sieht sich der Fachbereich in der Verantwortung, durch Öffentlichkeitsarbeit für seine Arbeitsgebiete einzutreten. Neben populärwissenschaftlichen Vorträgen vor fachinteressiertem Publikum (z. B. GERSCHEL 2017, 2018c, 2019b; GERSCHEL & RASCHER 2017) engagiert sich der Fachbereich vor allem durch altersgerecht gestaltete Vorschul- und Schulstunden sowie durch aktive Beteiligung an universitären Großveranstaltungen (z. B. der Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft, Campustag). Die präsentierten Themen fokussieren auf das Gestein Kohle sowie dessen Besonderheiten und weiten somit den Blick über die rein tagespolitischen Entwicklungen hinaus – ein Ansatz, dem die Besucher stets mit unbefangener Neugier und großem Interesse begegnen (Abb. 2).

3. Quo vadis? – Eine Wissenschaftsdisziplin vor den Herausforderungen ihrer Zeit

Bereits eingeleitete und in Zukunft weiter ausbaubare Arbeitsschwerpunkte beim Fachbereich liegen in der fachlichen Verbreiterung seines Forschungsspektrums zur komplexen Untersuchung von Paläoumweltbedingungen fossiler Sumpflandschaften und deren Interaktion mit sie begleitenden Ablagerungssystemen. So entstehen insbesondere in den Großtagebauten immer neue geologische Aufschlüsse, die stets innovative wissenschaftliche Erkenntnisse in sich bergen. Daraus generieren sich beständig neue Fragestellungen zur petrologischen Beschaffenheit diverser Braunkohlenvorkommen, die nur durch engagierte akademische Forschung zu klären sind. So wird die Zusammenarbeit bspw. mit RWE, MIBRAG und ROMONTA auch in Zukunft fortgesetzt – sowohl zur gemeinsamen Bearbeitung praxisrelevanter Fragestel-



Abb 2: Begeisterung bei den Besuchern des Fachbereichs zur Nacht der Wissenschaft in 2017 und 2019

lungen, als auch im Sinne einer kooperativen Partnerschaft bspw. zur Ermöglichung grundlagenforschender Geländearbeiten. Insgesamt wird der Fokus künftig immer stärker auch auf die Untersuchung von Substraten und Gesteinen und deren Bedeutung für die Bergbaufolgelandschaft und Rekultivierungsmaßnahmen orientieren.

Aber auch die stoffliche Nutzung von Braunkohlen, insbesondere in extraktiver und huminstofflicher Richtung, oder auch als Naturressource für die Werkstoffindustrie kann Gegenstand künftiger Forschungen sein, um so einen konstruktiven Beitrag zu den aktuellen gesellschaftlichen Transformationsprozessen leisten. Hinzu kommen diverse Fragestellungen, die in Zusammenhang mit den Bemühungen zum Schließen des Kohlenstoff-Kreislaufs erwachsen. Hierbei sind mikroskopische

Untersuchungen von Kunststoffen oder rezenten Biomassen (z. B. NAUNDORF et al. 2022) mit den Methoden der organischen Petrologie perspektivisch von hoher Bedeutung.

Wie sich zeigt, ergeben sich auch in Zeiten des Braunkohlenausstiegs noch zahlreiche Forschungsfragen im Zusammenhang mit dem Gestein Kohle. Dabei stellt der Fachbereich Organische Petrologie & Geochemie an der TU Bergakademie Freiberg nicht nur aufgrund seiner bewegten Historie eine unikate Institution dar, sondern hat sich durch wissenschaftlich fundierte und wegweisende Forschungen ein ausgezeichnetes, internationales Renommee erarbeitet. Der Fortbestand als eigenständiger Bereich mit einer kontinuierlichen wissenschaftlichen Leitung ist daher nicht nur ein weiteres Alleinstellungsmerkmal der Bergakademie, sondern

auch von großer Bedeutung für den Wissenschaftszweig.

Allerdings ist die Zukunft des Fachbereichs ungewiss, da eine wissenschaftsspezifische Laborleitung nach aktuellen Planungen nur noch bis Mai 2025 vorgesehen ist. Ohne diese fokussierte Administration droht der Fachbereich jedoch seine jahrzehntelang aufgebaute Expertise, aber auch seine Leistungsfähigkeit zu verlieren, um so zur Beliebigkeit in der akademischen Laborlandschaft zu verblassen.

Das Literaturverzeichnis kann auf der Homepage des Vereins abgerufen werden (<https://tu-freiberg.de/vff>).

Kontakt:

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, Fachbereich Organische Petrologie & Geochemie, Gustav-Zeuner-Straße 12, 09599 Freiberg, 03731-393099, Henny.Gerschel@geo.tu-freiberg.de

Aluminiumbatterie aktuell

Hartmut Stöcker, Dirk Meyer

Die Forschungsprogrammatik des ZeHS (Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung) zielt auf eine umfassende Unterstützung der einheimischen Grundstoffindustrie im Rahmen der angestrebten Energiewende. Dazu zählt ausdrücklich die Speicherung elektrischer Energie, weshalb auch diesbezüglich aktiv Forschung betrieben wird. Besonderes Potenzial für einschlägige Anwendungen besitzt die Aluminiumbatterie.

Aluminium hat für den Einsatz in Batterien einige Vorteile. Es besitzt von allen Elementen die größte volumetrische Kapazität, wenn man von Al^{3+} ausgeht. Weitere Vorteile sind die gute Ressourcenverfügbarkeit und der niedrige Preis. Nach dem Stand der Forschung dient direkt Aluminium als Anode und Graphit fungiert als Kathode der Batterie. Übliche Elektrolyte sind $[EMIm]Cl/AlCl_3$ oder andere ionische Flüssigkeiten, in denen sich Chloraluminat-Komplexe als Ladungsträger bewegen.

Aluminiumbatterien mit einem flüssigen Elektrolyten haben aber auch einen gravierenden Nachteil: Die aktiven Ionen $AlCl_4^-$ und $Al_2Cl_7^-$ sind stark

korrosiv, sogar gegenüber Edelstahl. Um dieses Problem zu lösen, wurde am Institut für Experimentelle Physik ein Polymer-Gel-Elektrolyt aus der ionischen Flüssigkeit $Et_3NHCl/AlCl_3$, Polyamid und $AlCl_3$ entwickelt. Er bietet die folgenden Vorteile:

- Wegfall des Separators zwischen der positiven und negativen Elektrode,
- Bessere Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff,
- Verringerung des Risikos, dass Elektrolyt aus dem Gehäuse ausläuft,
- Geringere Korrosion von Batteriegehäuse und Stromableitern,
- Vereinfachter Aufbau der Batteriezelle und kostengünstigere Herstellung.

Im Ergebnis ca. zehnjähriger Forschung, insbesondere gefördert durch das BMBF (Projekt R2R-Battery, FKZ 03SF0542A) und das BMWK (Projekt ProBaSol, FKZ 03EI3014A), können nun Batteriezellen mit hoher Coulomb-Effizienz und guter Zyklenfestigkeit

hergestellt werden. Die jüngsten Fortschritte unter Nutzung polymerbasierter Elektrolyte ermöglichen die Heranführung von Aluminiumbatterien an den Markt innerhalb der nächsten 2 bis 3 Jahre. Die erste Anwendung wird voraussichtlich in der stationären Speicherung für Stromnetze und Haushalte liegen.

Am ZeHS werden dafür elektrochemisch stabile und gleichzeitig leichte Stromableiter entwickelt. Außerdem wird an den notwendigen Verfahren gearbeitet, um Aluminium-Batterien in Form von Pouchzellen mit dem neuen Elektrolyten in größerer Stückzahl herstellen zu können. Im Ergebnis könnte eine neue Art von Batterien entstehen, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch Vorteile gegenüber etablierten Zelltypen besitzt.

Weitere Informationen zum ZeHS finden sich unter: <https://tu-freiberg.de/zehs>.

Kontakt:

Hartmut.Stoecker@physik.tu-freiberg.de,
Dirk-Carl.Meyer@physik.tu-freiberg.de



Foto: Sven Jachalke

Mehrkanal-Batterieteststand mit Knopfzellen



Foto: Theresa Lemser

Glovebox für die Assemblierung von Knopf- und Pouchbatteriezellen unter Schutzgasatmosphäre



Foto: Hartmut Stöcker

Kombinierte Anlage für die Fertigung von Batteriekomponenten unter Vakuumbedingungen



Foto: Oliver Schmidt

Experimenteller Kalender zur Fertigung von Dünnschicht-Feststoffelektrolyten: Der Polymerelektrolyt wird zwischen zwei erhitzten Folien zu einer glatten Schicht ausgewalzt.

Teststand zur Feststoffkonversion für die Synthesegaserzeugung

Viktoriia Kison, Ronny Schimpke, Matthias Zschornak, Martin Gräbner, Dirk Meyer

Im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC) und dem Institut für Experimentelle Physik (IEP) hat ein Teststand für die plasmagestützte Konversion von Feststoffen Einzug in das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS) gehalten.

Der kleine Plasmateststand besteht aus einer Vakuumkammer mit rotierendem und höhenverstellbarem Probenstisch. Ein 1 kW Plasmabrenner überführt den eingesetzten Feststoff in einem Batchversuch in die Gasphase, wobei Stickstoff, Luft oder Kohlendioxid als plasmabildendes Gas eingesetzt werden können. Mittels Gaschromatograph und Massenspektrometer wird die Produktgaszusammensetzung analysiert. Die weitestgehend mineralischen Rückstände werden im Nachgang detailliert untersucht, z. B. mit dem am ZeHS befindlichen Röntgenfluoreszenzanalysator oder Rasterelektronenmikroskop.

Die Untersuchungen dienen der Bewertung der Eignung von Materialien für die plasmagestützte Konversion von Feststoffen für die Synthesegaserzeugung (Vergasung) in einem schnell und unkompliziert durchführbaren Batchversuch. Die Bestimmung der Gaszusammensetzung unterstützt bei der Abschätzung der zu erwartenden Gasqualität des Technikumsversuchs. Weiterhin wird über optische Ports das Verhalten von Feststoffen in einem thermischen Plasma bewertet und analysiert. Vorteile und Grenzen der Anwendung eines potenzialfreien Plasmas sollen so identifiziert werden.

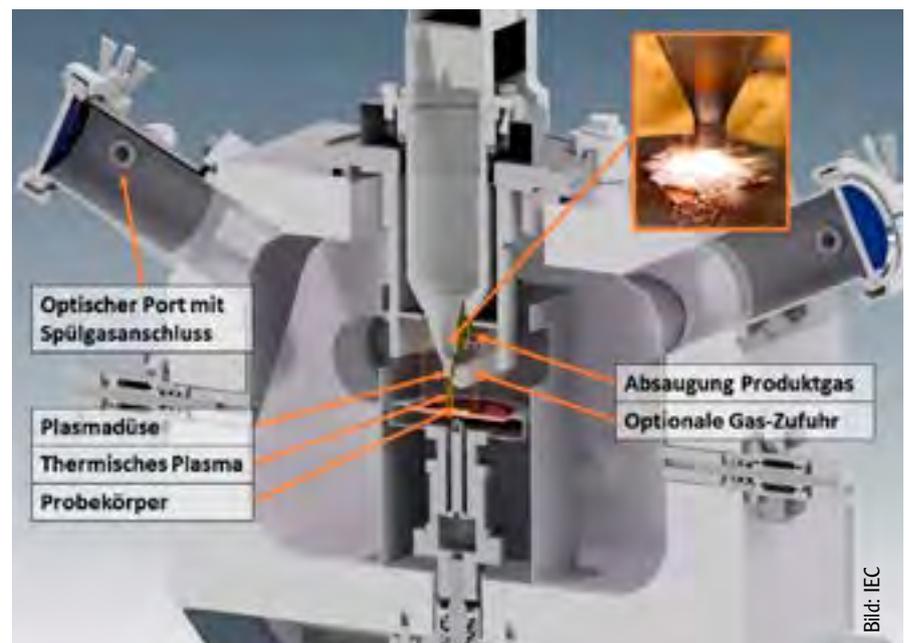
Versuche mit verschiedenen Arten von Kunststoffen und gemischten Abfällen sind geplant, wie z. B. medizinische Abfälle, Schredderrückstände der Automobilindustrie oder Kompositmaterialien wie glasfaser- und kohlefaserverstärkte Kunststoffe (GFK/CFK). Unter anderem soll die Fragestellung bearbeitet werden, ob extrem reaktionsträge Materialien wie CFK im Plasma besser recycelt werden können als mit herkömmlichen Methoden. Diese Stoffe führen in Verbrennungs-

anlagen regelmäßig zu Problemen bei der Gasreinigung und zu geringeren Umsätzen. Weitere Versuche sollen mit Klärschlamm, (torrefiziertem) Holz und anderen biogenen Reststoffen durchgeführt werden. Ein wesentlicher Untersuchungsgegenstand betrifft in diesen Fällen die Freisetzung von Phosphor in die Gasphase und inwieweit in Abhängigkeit der gebildeten Phosphor-Spezies eine Phosphor-Rückgewinnung möglich ist.

Der Versuchsstand eignet sich außerdem für die Oberflächenbehandlung und -aktivierung von Metallen und Kunststoffen und kann deshalb interdisziplinär verwendet werden. Dies bildet eine sehr gute Schnittmenge mit den Anliegen des IEP zur Darstellung von Funktionsmaterialien auf atomarer Ebene.



Teststand für die plasmagestützte Konversion von Feststoffen: links) Versuchsstand, rechts) Plasmaflamme



Komponenten und Funktionsprinzip des Teststands

Eine andere Sichtweise auf den Klimawandel

Bodo Wolf

Der vorliegende Beitrag entstand in Anknüpfung an den intensiven Austausch zu Ursachen des Klimawandels, den der Autor mit dem vormaligen Prorektor für Forschung der TUBAF, Prof. Jörg Matschullat, geführt hat.

Das Klima auf der Erde ist keine Konstante. Es ist durch positive oder negative Abweichungen von der mittleren Temperatur der Erdoberfläche, die erfasst und statistisch ausgewertet werden, nicht ausreichend gekennzeichnet. Die von Milankovic entwickelte Theorie über die sich, unabhängig von den Menschen, zyklisch wiederholenden Warm- und Kaltzeiten auf der Erde, wurde insbesondere durch Eiskernbohrungen eindeutig bestätigt. Diese erklären auch, warum die Klimazonen sich ausdehnen, wandern oder schrumpfen.

Bemerkenswert ist die Auswertung der Eiskernbohrung „Wostok“, der entsprechend wir uns am Ende einer mehr als zehntausend Jahre währenden Warmzeit befinden, in der die Menschen ihre Zivilisation aufgebaut haben und deren Auslaufkurve noch mehrere Jahrhunderte dauern kann. Sie zeigt aber, dass in der Natur die Temperatur keine Funktion des CO₂, sondern umgekehrt, dass das CO₂ eine der Temperatur ist, was die Theorie über den CO₂-bedingten Treibhauseffekt bereits grundsätzlich in Frage stellt.

Auf die vorhergehenden Warmzeiten, die gegenüber der aktuellen noch 1,5 bis 2,0 °C höhere Umgebungstemperaturen erreichten, hatte der Mensch keinen Einfluss (Abb. 1).

Also müssen weitere Kräfte aus dem

Universum, unserem Sonnensystem oder dem Erdinneren zyklisch auf das Klima der Erde wirken.

Bekannt ist die Temperaturwirksamkeit der zyklischen Veränderungen der Exzentrizität der Umlaufbahn der Erde um die Sonne und der Dynamik der Erdachse. Eventuell belastbare Berechnungen darüber werden im Rahmen der Debatten der Akteure der CO₂-orientierten Klimaschutzprogramme aus erkennbaren Gründen nicht bzw. nicht ausreichend diskutiert.

Die Ursachen der gemessenen Steigerungen der mittleren Umgebungstemperaturen werden in Deutschland inzwischen leider ausschließlich in den von den Menschen verursachten Emissionen an CO₂ gesehen, was sogar gegen bekannte Naturgesetze gesetzlich fixiert wird, z. B. im „Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes der Bundesrepublik Deutschland zum CO₂-Restbudget Deutschlands bis 2050“ vom 24.3.2021. Damit hat sich Deutschland bis in die höchste Instanz auf einen Holzweg begeben, der Deutschland nicht, wie wieder einmal erhofft, zum internationalen Vorbild macht, sondern ins internationale Abseits und eine politisch selbstverschuldete Armut führen wird.

Obwohl die Aufgabe besonders schwierig ist, weil der vom Engländer N. Stern – unter dem ausdrücklichen Vorbehalt, dass die deutschen Klimaforscher recht haben – konzipierte CO₂-Ablasshandel weltweit Wirtschaftsfaktor geworden ist, ist das zu verhindern. Im Sinne der nachfolgenden Argumentation

wäre die Umwandlung dieses Handels mit CO₂ gegen einen mit Wärmeemissionen sinnvoll.

Die aktuelle Zivilisation der Menschen führt zu einem sich steigernden Grundkonflikt mit der Natur, der darin besteht, dass das physische Leistungs- und Arbeitsvermögen der Menschen für den Erhalt und den Ausbau ihrer Zivilisation immer weniger ausreicht. Die Menschen sind deshalb gezwungen zunehmend Fremdenergie, derzeit meist als thermische Energie aus fossilen und atomaren Brennstoffen, zu erschließen, oder entsprechend dem vom Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald formulierten Energetischen Imperativ über das dauerhafte Wirtschaften mit der Kraft der Sonne, planmäßig und schrittweise zu einer solaren Material- und Energie-wirtschaft überzugehen.

Die Verbrennung der fossilen Brennstoffe ist naturgesetzlich verbunden mit der Emission von Kohlendioxid und der Verbrennungswärme, die das Industriezeitalter und damit den Entwicklungsstand der Zivilisation kennzeichnen. Da derzeit die mittlere Temperatur auf der Erde steigt, hängen viele Menschen dem Glauben an, dass die Ursache dafür logischerweise, die parallel dazu ansteigenden CO₂-Emissionen sein müssen. Die Sonne dreht sich also wieder einmal sprichwörtlich um die Erde, weil die Wirkung der zwangsgekoppelten Wärmeemissionen in Bezug auf das Klima nicht analysiert wurde. Dieser Glaube wird befeuert von einer scheinbar durch Indizien gestützten, aber wissenschaftlich nicht bewiesenen Theorie über

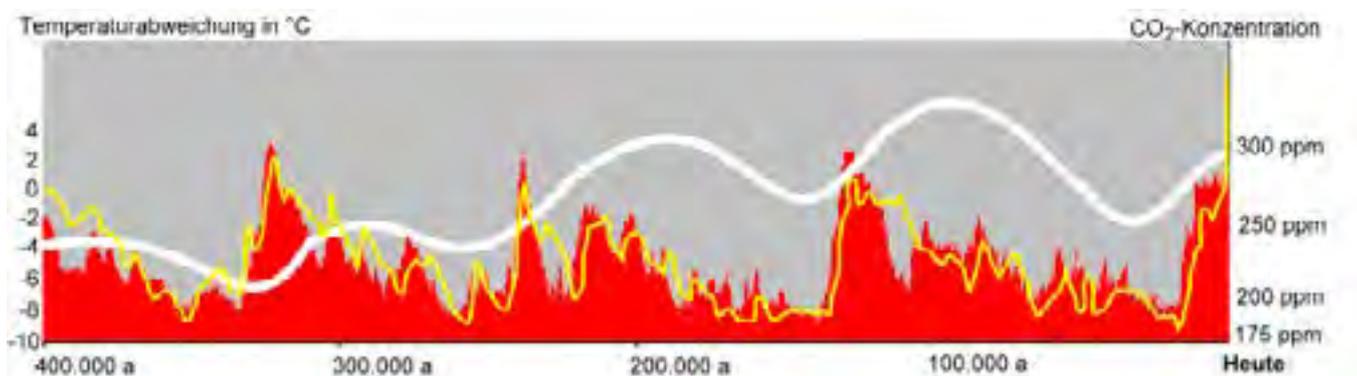


Abb 1: Klimadaten aus dem Wostok-Eisbohrkern: temperaturverlauf (rot) und Kohlendioxid-Gehalt (gelb) der Atmosphäre in den letzten 400.000 Jahren. Weiß dargestellt: Veränderungen der Exzentrizität der Erdumlaufbahn. (Quelle der Wostok-Daten: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/vostok.html>, Fundstelle: <https://oekosystem-erde.de/html/klimageschichte.html>, besucht am 21.04.2022)

einen CO₂-bedingten Treibhauseffekt, die von akademisch gebildeten Menschen entwickelt und publiziert wird und Politikern und sonstigen Menschen mit Führungsansprüchen die Chance gibt, sich zu profilieren und Machtinstrumente zu entwickeln, ohne dass sie diese Theorie selbst nachvollziehen können oder müssen. Dies führt dazu, dass Politik und Wissenschaft sich zunehmend gegenseitig bedienen und in ihrer negativen Wirksamkeit stärken. Den dabei lästigen Fragen nach dem wissenschaftlichen Beweis wird mit dem Hinweis begegnet, dass man daran noch arbeite, obwohl in der Wissenschaft bereits zu 90 % Konsens darüber besteht, dass die Theorie über den drohenden Kollaps des Klimas wegen eines von Menschen gemachten, kohlendioxidbedingten Treibhauseffekts der Atmosphäre nur richtig sein kann und die, die daran nicht glauben Klimaleugner sind, mit denen nicht gesprochen werden muss.

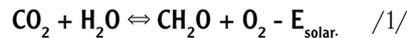
Inzwischen wurden Machtinstrumente entwickelt, z. B. solche zum angeblichen Erreichen von Klimaneutralität durch vollständige Dekarbonisierung der Wirtschaft, die die menschliche Zivilisation in den Untergang führen, den Akteuren aber finanzielle und sonstige wirtschaftliche Vorteile gewähren und die tatsächlich akribisch arbeitenden Wissenschaftler durch Vergabe von Fördermitteln abhängig machen.

Für praxiserprobte Wissenschaftler, die, z. B. altersbedingt, nicht mehr an Dienstverträge gebunden sind, ist dies Grund genug, die Klimatheorien bewährten wissenschaftlichen Kriterien zu unterwerfen und mit einem zweiten Ansatz, der unabhängig vom Ansatz der „Klimamodelle“ ist, zu beproben, so wie es für Gleichungen mit mehr als einer Unbekannten, die in den Klimamodellen als Variable verschleiert werden, für die Ergebnisbestätigung durch die Wissenschaft zwingend ist.

Der Ansatz für die Beprobung ergibt sich aus der unauflöselichen Einheit von Energie und Materie, die von Albert Einstein mit $E = m \times c^2$ beschrieben wurde. Darauf aufbauend ergibt sich die Möglichkeit, die Wirksamkeit der vom IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) veröffentlichten Strahlungsbilanzen durch Wärmebilanzen zu prüfen, insbesondere die Wirkung der Umwandlung von Strahlung reflek-

tierenden und chemisch bindenden, in Strahlung absorbierende und Wärme produzierende Flächen.

Die Basisgleichung für die Beprobung kann aus der Summenformel des Zuckers C₆H₁₂O₆ abgeleitet werden. Bezogen auf Kohlenstoff führt das zum CH₂O-Molekül, dem Hauptbaustein des Lebens. Aus dieser Überlegung ergibt sich dann die Gleichung



Diese Gleichung ist die Grundgleichung des *Thermodynamischen Systems Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff der Natur* und damit allen kohlenstoffbasierten Lebens der Flora der Erde und ihrer Derivate. Mit ihr kann der einheitliche Organismus des Lebens, wie in nachfolgender Abbildung (2) gezeigt, dargestellt werden.

Die Gleichung beschreibt die Umwandlung von organischer Materie durch solare Strahlung über Photosynthese, die pro m³ Sauerstoff ca. 6 kWh solare Strahlung in potenzielle organische Energie umwandelt und damit die Erde kühlt. Da das jeder, der die Verbundformel der Verbrennungslehre kennt, nachrechnen kann, wird hier auf eine weitere Beweisführung verzichtet.

Der nächste Schritt der Beprobung ergibt sich aus der Lehre von Alexander von Humboldt über den *einheitlichen Organismus allen Lebens* auf der Erde und der Definition des Klimas durch den IPCC, der *das Klima als Produkt aus Wetter x Zeit* sieht.

Zeit ist Zeit und Wetter, das sind Leistungsdaten der Natur, z. B. Stunden Sonnenschein pro Tag, oder Liter Regen pro m² Erdoberfläche und Stunde, oder Windgeschwindigkeiten in Meter pro Sekunde.

Setzt man nun Wetter in Summe als Leistung der Natur über die Zeit, dann ist das Produkt aus Leistung der Natur über die Zeit Arbeit und Arbeit schafft Potenziale. Der so beschriebene Prozess ist der größte klimawirksame Stoff- und Energieumwandlungsprozess der Biosphäre auf der Erdoberfläche, den allerdings kein Klimamodell erfasst. Die aktuelle Klimaforschung versucht die Vorgänge auf der Erde rein physikalisch zu beschreiben und zu erklären. Das ist der systemische Fehler der Klimaforschung, der auf den befürchteten Holzweg führt und die Klimaschutzprogramme zum Scheitern verurteilt. Wor-

auf nachfolgend noch einmal definierter eingegangen wird.

Der durch die Sonne getriebene Kohlenstoffkreislauf des einheitlichen Organismus des Lebens produziert über die Photosynthese allein die Voraussetzung für die Bildung der materiellen Energiepotenziale der Flora, der Fauna, des festen Wassers in Form von Eis und Schnee, des Sauerstoffs und der fossilen Brennstoffe. Diese Potenziale sind „eingefrorene“ solare Energie. Das von der Temperatur der Klimazonen gesteuerte thermodynamische System der Natur erfasst den Stoff- und Energieaustausch zwischen den Lebensbereichen Wasser, Boden und Atmosphäre, in dem die *Atmosphäre der Atem der Erde* ist.

Wobei der *Stoffaustausch zwischen den Lebensbereichen unauflösbar an einen Wärmeaustausch gekoppelt ist*, in dessen Folge die Kältepotenziale an Schnee und Eis durch Phasenwechsel des Wassers von flüssig zu fest entstehen.

Es zeigt sich, dass die Menschen durch ihr Handeln auf alle Positionen das Lebens Einfluss nehmen, was die von Menschen gemachten Emissionen an Kohlendioxid nicht darstellen. So gesehen ist die Theorie über den von Menschen gemachten kohlendioxidbedingten Treibhauseffekt der Atmosphäre, die eine Dekarbonisierung der Atmosphäre und der Wirtschaft fordert, eine lebensgefährliche massenwirksame Spinnerei.

Der Kohlenstoffkreisprozess der Natur kann wie folgt beschrieben werden:

1. Kohlendioxid und Wasser sind die materiellen Hauptbausteine allen kohlenstoffbasierten Lebens der Biosphäre, die die Umwandlung von solarer Strahlung in organische potenzielle Energie der Kohlehydrate der Pflanzen der Flora über Photosynthese ermöglichen.
2. Die Umkehrung der Photosynthese ist die exotherme Verrottung oder Verbrennung der Kohlehydrate der Pflanzen unter Freisetzung von Kohlendioxid, Wasser und Wärme (Beispiele: Kompost und Holzfeuer).
3. Das durch Photosynthese aufgebaute Potenzial der Flora verändert die Wärmebilanz der Oberfläche der Erde durch Umwandlung von solarer Strahlungsenergie in potenzielle organische Energie, was das Sauerstoffpotenzial der Atmosphäre und

die Kältepotenziale an Schnee und Eis durch Phasenwechsel von Wasser von flüssig zu fest sichert.

4. Die Photosynthese und in Folge der Phasenwechsel des Wassers von flüssig zu fest und von flüssig zu gasförmig sind die im Zusammenwirken mit der Atmosphäre entscheidenden Beiträge der Natur zu Sicherung einer lebenserhaltenden mittleren Temperatur der Biosphäre.
5. Die Pflanzen nehmen Stickstoff auf, was die entscheidende Voraussetzung für deren Umwandlung in Proteine und damit von tierischem Leben bis hin zum Menschen ist.
6. Ein Teil der Pflanzen wurde geologisch bedingt durch Inkohlung in die potenzielle Energie der Kohle umgewandelt und damit dem Kreisprozess des Lebens unter Rückführung von Wasser entzogen. Dieser von Bergius experimentell nachgewiesene Vorgang wurde 1976 durch eine Dissertation an der TU Bergakademie Freiberg mit dem Thermodynamischen Modell „Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff“ rechnerisch bestätigt und 2007 zur Erzeugung von Kohle aus Pflanzen industriell genutzt (Firma SUNCOAL).
7. Ein weiterer Teil der Sauerstoff produzierenden Flora wurde und wird durch partielle Oxidation unter Abspaltung von Wasser und Kohlendioxid und Bildung kleinmolekularer Kohlenwasserstoffe, hauptsächlich in Form von Methan, in sauerstoffverbrauchendes tierisches Leben umgewandelt (Beispiel Biogasanlagen), was in der Natur zur Bildung des natürlichen Potentials an asche-freiem Erdgas führt, das als fossiler Brennstoff gilt.
8. Der Kreislauf des Lebens auf der Erde wird geschlossen durch mikrobiologische Zersetzung von abgestorbenem, tierischen Leben der Fauna unter Rückführung von Kohlendioxid und Stickstoff an den Energie- und Materiekreislauf des Lebens auf der Erde und unter Bildung von großmolekularen Kohlenwasserstoffen in Form von Erdöl.

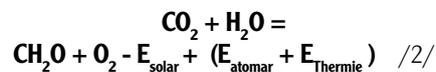
Kann der Rücklauf an CO₂ und H₂O wegen natürlicher Störungen oder menschlicher Einflüsse durch das von der Temperatur gesteuerte Thermodynamische System der Biosphäre nicht erneut in potenzielle Energie umge-

wandelt werden, dann heißt das, dass die Lebensbereiche Boden und Wasser temperaturbedingt gesättigt sind und bei der jeweiligen Temperatur kein CO₂ mehr aufnehmen, sondern bei weiter steigender Temperatur nur an die Atmosphäre abgeben können, so dass dessen Partialdruck in der Atmosphäre steigt.

Dies bewirkt entsprechend dem Gesetz vom kleinsten Zwang, unter der Voraussetzung, dass Licht und Wärme zur Verfügung stehen, wiederum eine Steigerung der Photosynthese. Eine steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre macht die Erde „grüner“. J. Lovelock erkennt in seiner „Gaia-Theorie“ in diesem Effekt das Immunsystem der Erde, das auf eine Temperaturerhöhung reagiert.

Ob das Thermodynamische System der Biosphäre, z. B. wegen der menschlichen Eingriffe überfordert ist oder nicht, zeigt am besten die Entwicklung der Sauerstoffpartialdrücke in der Atmosphäre. Sinken die O₂-Partialdrücke im ppm-Bereich dauerhaft, muss der Mensch über die organisch-materiellen Energiepotenziale der Biosphäre, vorteilhaft über den Bestand an Flora und die Verbrennung fossiler Brennstoffe, korrigierend Einfluss nehmen.

Wärme aus kohlenstofffreier Energie, z. B. aus Geothermie und Kernenergie, und Energie aus fossilen Brennstoffen, die durch CCS-Projekte kohlenstofffrei gemacht wurde, ist nicht kreislauffähig; sie stört den natürlichen Kreislauf des Lebens, indem sie dessen Kältepotenziale irreversibel abbauen und wie Formel /2/ zeigt, die Wärmebilanz der Natur und so die Eisbildung lebensfeindlich beeinflussen.



Der Übergang von solarer zu sonstiger kohlenstofffreier Wärmeenergie ist also keine Maßnahme zum Schutz der Natur und ihres Klimas, weil diese nicht kreislauffähig sind, die Kältepotenziale der Biosphäre irreversibel abbauen und so die Leistungsfähigkeit des natürlichen Kohlenstoffkreisprozesses reduzieren. Energie geht eben nicht verloren.

Wir können zur Sicherung des Übergangs auf solares Wirtschaften auf eine leistungsfähige Wirtschaft auf Basis fossiler Brennstoffe nicht verzichten; deshalb muss deren Energieeffizienz

und die Leistungsfähigkeit der Photosynthese gesichert oder, wenn die O₂-Konzentration der Atmosphäre sinkt, sogar gesteigert werden. Es reicht nicht festzustellen, dass die Konzentration des CO₂ in der Atmosphäre über das durch die Temperatur bedingte Gleichgewicht zwischen den Lebensbereichen steigt, wenn gleichzeitig die Leistung der Photosynthese durch immer neue Versiegelungen von Flächen gedrosselt wird.

Die politisch verordnete „Dekarbonisierung der Wirtschaft“ und der Glaube, dass eine CO₂-freie Wirtschaft klimaneutral ist, wirken also gegen die Naturgesetze, die nicht nur in den technischen Prozessen so heißen, sondern auch in der Natur wirken.

Die Propheten des Untergangs wegen eines von „Menschen gemachten, CO₂-bedingten Treibhauseffekts der Atmosphäre“ erkennen das Wirken des Thermodynamischen Systems der Biosphäre, also des Lebens, nicht. Die von ihnen geforderte Entkopplung des naturgesetzlichen Zusammenhangs von Materie und Energie auf der Erde ist nicht machbar und führt zu Irrläufern, wie z. B. der Übergang zu einem Wasserstoffsystem oder die Lösung des Energieproblems mit Kernenergie. Das sind Angriffe auf das thermodynamische System des Lebens und damit keine Beiträge zum Schutz der Natur und ihres Klimas. Eine Entkarbonisierung der Atmosphäre, vorausgesetzt sie könnte gelingen, wäre das Ende des Lebens auf der Erde. Wer sich am Kohlendioxid vergreift, vergreift sich am Leben.

Dieser tödliche Kardinalfehler der aktuellen, vom IPCC geführten Klimawissenschaft führt zu einer pseudowissenschaftlichen Irrlehre, die auch suggeriert, dass das Leben durch Wärme zur Stromerzeugung aus Kernspaltung und später durch Kernfusion gesichert werden kann, ohne jedoch zu beachten, dass diese Wärme auf der Erde nicht kreislauffähig ist und den Kohlenstoffkreisprozess des Lebens durch Abbau seiner Kältepotenziale letztendlich zerstört.

Dass dieser Fehler nicht erkannt wird ist ein Mangel des Standes der aktuellen Energielehre, der durch den Aufbau einer Lehre über die „Energetik der Biosphäre“ behoben werden könnte. Die Bildung von CO₂, das durch Photosynthese nicht gebunden werden

kann, beispielsweise aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, kann zu einer Steigerung seiner Konzentration in der Atmosphäre führen. Negativ relevant für das Klima wäre das allerdings nur, wenn die Theorie über den CO₂-bedingten Treibhauseffekt stimmen würde. Nach Information des Vereins Energievernunft-Mitteldeutschland hat Uwe Detloff den Beitrag des CO₂ an der Temperaturerhöhung ab 1850 für den Fall, dass das CO₂ in der Atmosphäre von heute 410 ppm auf 550 ppm in 2050 steigen würde, mit 0,045 °C berechnet. Dieser Wert berücksichtigt die durch CO₂-Emissionen

geringfügig steigende Isolierwirkung der Atmosphäre zwischen Erde und Weltraum, ohne Treibhauseffekt, den es entsprechend dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik nicht geben kann. Jedenfalls ist kein Fall bekannt, bei dem ein z. B. -30 °C kalter Strahler eine +10 °C warme Fläche nicht gekühlt, sondern gewärmt hat.

Die Wirkung der Menschen auf das Klima resultiert, wie in Abbildung 2 dargestellt, primär über ihre Einflussnahmen auf die Lebensbereiche Wasser, Boden und Atmosphäre und auf alle materiellen Energiepotenziale des einheitlichen Organismus des Lebens und so

auf die Wärmebilanz der Erdoberfläche sowie den Stoff- und Energieaustausch zwischen den Lebensbereichen.

Die vorstehende Aufgabenstellung ermöglicht eine Beprobung der Treibhaustheorie. Es ist ersichtlich, dass diese Theorie und die darauf aufbauenden nationalen und internationalen Programme zum Klimaschutz verworfen werden und durch Programme zur Steigerung der Energieeffizienz sowie der Speicherung solar-regenerativer Energie und den Transport über große Entfernungen ersetzt werden müssen!

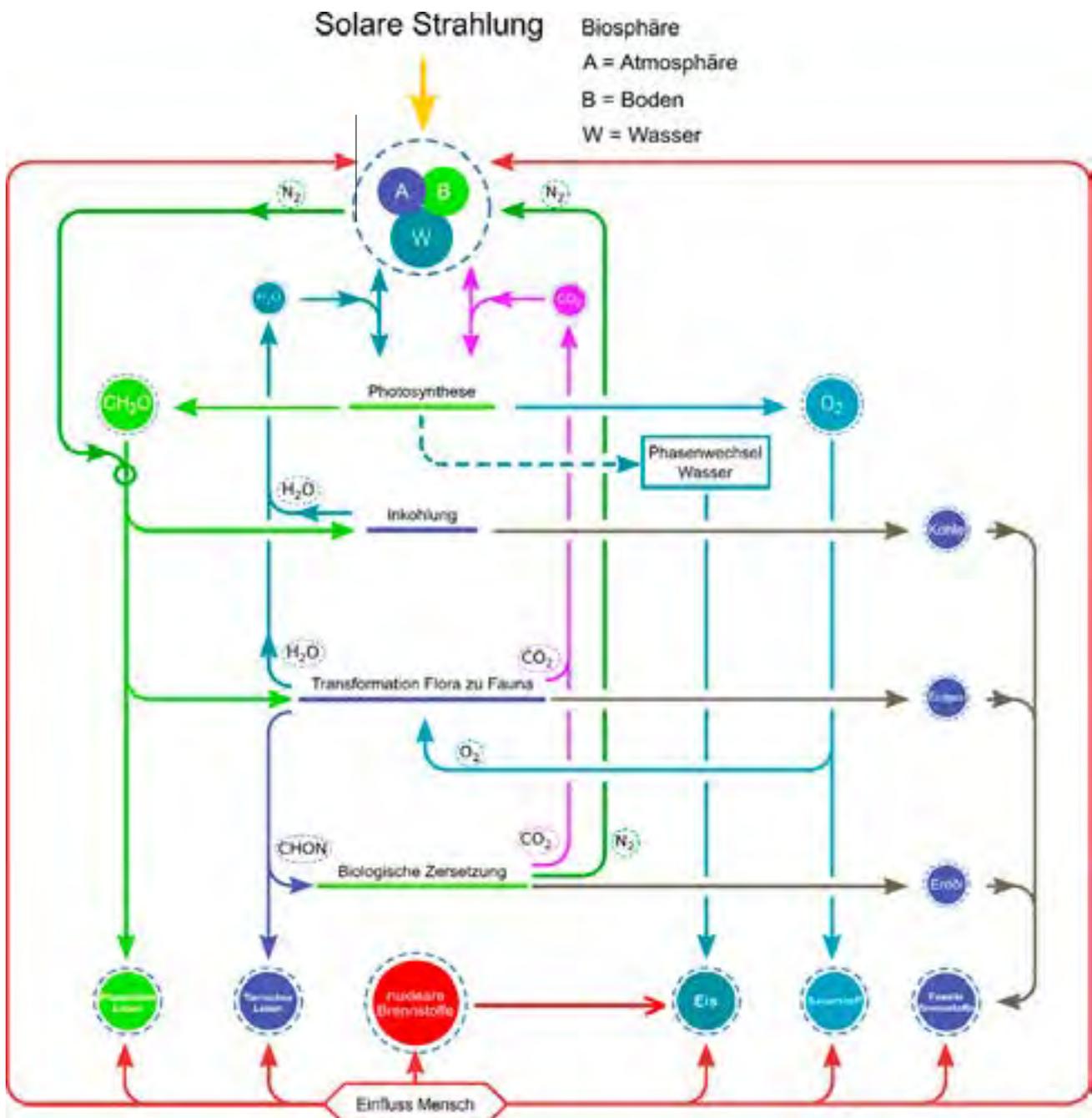


Abb 2: Der Kreislauf des Lebens und der Einfluss der Menschen darauf

Studium



Schülerwettbewerb zum Thema Werkstoffe 2023

Seit 2011 findet der Schülerwettbewerb zum Thema Werkstoffe an der TU Bergakademie Freiberg statt. Organisiert wird der Wettbewerb von der Fakultät für Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnik in Kooperation mit dem Schülerlabor „Science meets School“ der Universität.

Unter dem Motto „Brücken verbinden“ waren in diesem Jahr interessierte Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, eine belastbare Brücke aus Zahnstochern zu bauen. Zum Wettbewerb wurden insgesamt 30 selbstkonstruierte

Brücken eingereicht, die von der Jury nach Kreativität, Belastbarkeit und der Qualität des Entwicklungsprotokolls bewertet wurden. Die Brücke des 10-jährigen Grundschülers Philip Helbig (Klasse 4 der Grundschule Großsteinberg im Landkreis Leipzig) überzeugte die Jury: Seine Konstruktion hielt 6984 N aus, das entspricht etwa 700 kg. Umgerechnet ergibt sich daraus ein auf die Masse der Brücke normiertes Biegemoment von 879.8 Nm/kg.

Weiterentwicklung des Studienangebots an der TU Bergakademie Freiberg

Swanhild Bernstein¹, Conrad Jackisch², Jörg Benndorf³, Tobias Fieback⁴

Im Jahr 2023 ist besonders die Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau hervorzuheben: Drei klassische Studiengänge (Geoökologie, Geotechnik und Bergbau bzw. Geoenergiesysteme sowie Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie) der TU Bergakademie Freiberg wurden reformiert und an die geänderten Anforderungen des Arbeitsmarkts und die neuen Herausforderungen unserer Zeit angepasst.

Umweltsystemwissenschaften – Geoökologie

Die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Klimakrise, die Anpassung der Land- und Ressourcennutzung sowie die Erhaltung der Biodiversität erfordern interdisziplinäre Kompetenzen auf höchstem Niveau. Deshalb wurde im Jahr 2023 der sechssemestrige Bachelorstudiengang „Geoökologie“ grundlegend überarbeitet und in „Umweltsystemwissenschaften – Geoökologie“ umbenannt. In den ersten Semestern erwerben die Studierenden ein vernetztes naturwissenschaftliches Basiswissen, welches sie zunehmend für eine interdisziplinäre Umweltsystemanalyse verweben und erweitern. Mit einem breiten analytischen Methodenspektrum vertiefen sich die Studierenden in einzelnen Teilaspekten des Mensch-Umwelt-Systems. Entsprechend gliedert sich das Lehrangebot (Abb. 1): in Grundlagen der Mathematik, Biologie, Chemie und Physik (M1), die umweltsystemwissenschaftlichen Fachdisziplinen (U1), die die inhaltliche und methodische Basis zur Analyse und Bewertung von Umweltsystemen im Zusammenspiel von Atmosphäre (Luft), Hydrosphäre (Wasser), Geosphäre (Gesteine), Pedosphäre (Boden) und Biosphäre (Leben) legen. Die Teilnahme an angewandten, interdisziplinären Projekten (U2) und individuell wählbaren Schwerpunkten (SV) dient der Vertiefung der Fähigkeiten. Dieses Angebot wird um Lehrveranstaltungen zur Vermittlung technischer Kompetenzen zur Datenerhebung, Datenanalyse und Modellierung sowie gesellschaftswissenschaftlicher Aspekte erweitert (M2 und GK). Das Besondere dieses Studiengangs liegt in der Verbindung von Arbeiten im Labor, in der Natur

und am Computer zur Beantwortung komplexer umweltrelevanter Fragestellungen. Unsere künftigen Alumni werden bestens darauf vorbereitet sein, mit natur-basierenden Lösungsansätzen zur Bewältigung von Umweltproblemen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene beizutragen.

von vier Studienrichtungen: 1. Bergbau, 2. Geoenergiesysteme, 3. Geomonitoring und Markscheidewesen oder 4. Geotechnik.

In der gewählten Studienrichtung werden die Fähigkeiten und Kenntnisse nach persönlichem Interesse ausgebaut und spezialisiert. In einem verpflichtendem

Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen (M1)	Diese Module dienen der allgemeinen, naturwissenschaftlichen Grundlagenvermittlung.	38 LP	21 %
Umweltsystemwissenschaftliche Grundlagen (U1)	Die Grundlagen der geökologischen Fachdisziplinen werden mit jeweiligem Fokus auf Prozessverständnis und analytischen Methoden aufbau sowie Nutzung und Modellierung mit jeweiligen Daten vermittelt.	43 LP	24 %
Angewandte Umweltsystemwissenschaft (U2)	In diesen Modulen geht es explizit um die interdisziplinäre Verknüpfung der Teilbereiche der Geoökologie (und deren Vertiefung in problemorientierten Projekten).	22 LP	12 %
Raum-zeitliche Datenanalyse und Informatik (M2)	Diese Module verstehen sich als Vermittler der jeweiligen Methoden und Techniken für die raum-zeitlich quantitative Umweltsystemanalyse.	22 LP	12 %
Gesellschaftswissenschaften und Kommunikation (GK) Wahlpflichtbereich	Diese Module dienen der gesellschaftswissenschaftlichen und kommunikativen Kompetenzerweiterung im Bezug zum Mensch-Umwelt-System.	12 LP	7 %
Systemvertiefung zur individuellen Kompetenzerweiterung (SV) Wahlpflichtbereich	Die Systemvertiefung dient der interdisziplinären Kompetenzerweiterung in 2 Teilbereichen im Mensch-Umwelt-System. Die Module des gewählten Schwerpunkts schließen i.d.R. mit einer eigenständigen Projektarbeit ab.	21 LP	12 %
Berufspraktikum mind. 300 Arbeitsstunden, Praktikumsbericht	Die Kenntnisse des Studiums finden im Berufspraktikum Anwendung in der Praxis. Hier werden Verbindungen in die Arbeitswelt geknüpft.	10 LP	6 %
Bachelor-Arbeit	Eigenes Projekt zum Beleg der erworbenen interdisziplinären analytischen Lösungskompetenzen. (12 Wochen)	12 LP	7 %

Abb 1: Curricular Bachelorstudiengang „Umweltsystemwissenschaften – Geoökologie“

Geoingenieurwesen

Obwohl Ingenieure im Bereich der Geotechnik, des Markscheidewesens und des Bergbaus von nationalen und internationalen Arbeitgebern stark nachgefragt werden und die Einsatzmöglichkeiten vielfältig sind, ist es schwierig, Abiturientinnen und Abiturienten für diese Fachrichtungen zu begeistern. Der neue Diplomstudiengang „**Geoingenieurwesen**“ stellt sich den dringenden und aktuellen Fragen unserer Volkswirtschaften, wie Hochwasserschutz, Grundwassernutzung, Versorgung mit Energie- und Industrierohstoffen, Speicherung von Energieträgern im Untergrund, Deponien oder Endlagerung. Im Grundstudium (1. bis 4. Semester) wird neben den allgemeinen naturwissenschaftlichen Grundlagen auch Wissen in speziellen geoingenieurwissenschaftlichen Modulen, wie Lagerstättenlehre, Vermessungstechnik oder Geomechanik sowie rechtliche und betriebswirtschaftliche Grundlagen vermittelt. Im Hauptstudium (5. bis 10. Semester) wählen die Studierenden aus einer

studienbegleitenden Berufspraktikum (7. Semester) von 120 Schichten sammeln unsere Studierenden einschlägige Berufserfahrung und können Beziehungen zu künftigen Arbeitgebern knüpfen. Ein besonderes Plus ist nach wie vor die praxisnahe, universitäre Lehre sowie die hervorragende Ausstattung, wozu auch das universitätseigene Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ gehört. Unsere Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Projekte entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufs von der Erkundung über Projektentwicklung und Planung, Raumordnungsverfahren, operativer Bewirtschaftung der Lagerstätte bis zu Rekultivierung, Sanierung, und Nachnutzung in Anspruch genommener Bereiche der Geosphäre umzusetzen.

Engineering - Teilstudiengang „Responsible Production and Consumption“

In Kooperation mit der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau hat die Fakultät Maschinenbau,

Verfahrens- und Energietechnik den internationalen und interdisziplinären **Teilstudiengang „Responsible Production and Consumption“** im Rahmen des Bachelorstudiengangs „Engineering“ eingeführt. Ziel der Ausbildung ist es, ein kritisches Bewusstsein für den verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen und Gütern zu erlangen. Auf der Basis ingenieurwissenschaftlicher Grundlagen entwickeln Studierende die Fähigkeit, technische, ökonomische, gesellschaftliche und rechtliche Aspekte einer nachhaltigen Produktion zu erkennen und umzusetzen. Studienleistungen im Umfang von mindestens 30 Leistungspunkten müssen an einer oder mehreren ausländischen Universitäten erbracht werden, vorzugsweise an den europäischen Partneruniversitäten (Montanuniversität Leoben (Österreich), der Silesian University of Technology (Polen), der Technischen Universität Kreta (Griechenland) sowie den Universitäten in Leon (Spanien) und Petrosani (Rumänien)). Die Studierenden entscheiden im hohen Maße eigenverantwortlich und flexibel per individuellen Learning Agreements mit dem Prüfungsausschuss über die Module, die Sie an den Partneruniversitäten absolvie-

ren.

Die ersten vier Semester des Bachelorstudiums bieten eine sehr umfassende naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung. Ergänzt wird dieses Programm mit Modulen zur Fachsprache Englisch und zur Betriebswirtschaftslehre, zu Europäischen Werten sowie zu verantwortungsvollem Produzieren und Konsumieren. Es bietet so die Basis, auch im internationalen Umfeld erfolgreich arbeiten zu können.

Diese Studienangebote zeigen, dass die Wissenschaftsgebiete der TU Bergakademie Freiberg miteinander verbunden sind. Nur durch das integrative System kann interdisziplinäres Verständnis gelebt werden und so zur Erfüllung unseres gesellschaftlichen Auftrags als Ressourcenuniversität beitragen – die wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen der Ressourcenwende anzugehen, um eine nachhaltige, umwelt- und sozialverträgliche Rohstoff- und Energiewirtschaft zu schaffen.

- 1 TU Bergakademie Freiberg, Prorektorin Bildung
- 2 TU Bergakademie Freiberg, Junior-Professur für Strömungs- und Transportmodellierung in der

Geosphäre

- 3 TU Bergakademie Freiberg, Geomonitoring und Markscheidewesen
- 4 TU Bergakademie Freiberg, Professur für Technische Thermodynamik



Abb. 2: Student im Studiengang Georingenieurwesen



Abb. 3: Studenten im Studiengang Umweltwissenschaften

Studentische Lehrveranstaltungsevaluation – Balanceakt zwischen qualitativem und quantitativem Entwicklungsinstrument für die Lehre

Swanhild Bernstein¹, Thomas Benkert², Sylvie Preiss³, Oliver Rebentrost⁴

Die TU Bergakademie Freiberg ist zur Überprüfung der Qualität der Lehre in regelmäßigen Zeitabständen gesetzlich verpflichtet (§ 9 Absatz 2 Satz 1 SächsHSG und § 18 SächsStudAkkVO). Mit der Ordnung der Technischen Universität Bergakademie Freiberg zur Evaluation von Lehre und Forschung sowie zur institutionellen Evaluation (Feedback-System) und den Grundsätzen der Lehrveranstaltungsevaluation Teil 1 Studentische Lehrveranstaltungsevaluation wurden die Details zur Studentischen Lehrveranstaltungsevaluation geregelt. Die Durchführung erfolgt zentral über das Prorektorat Bildung. Neben typischer Umfragesoftware (Limesurvey) wird auch die ansonsten für das Schreiben von wissenschaftlichen Texten genutzte Software LaTeX³ eingesetzt, was ein Novum in der Verwaltung darstellt.

Zweck und Inhalt der Studentischen Lehrveranstaltungsevaluation

Die Evaluation der Lehre ist vor allem ein Entwicklungsinstrument für die Leh-

re selbst. Durch qualifiziertes Feedback mittels standardisierter Fragebögen und anschließender Reflexion können die Lehrenden ihre Lehrveranstaltungen kontinuierlich verbessern und die Fakultäten, insbesondere die Studiendekaninnen und Studiendekane mit den Studienkommissionen die Studiengänge kontinuierlich verbessern. Der standardisierte Fragebogen evaluiert im ersten Teil den Studien- bzw. Lernerfolg differenziert nach kognitiven, affektiven und instrumentellen Aspekten. Ergänzend folgt ein Abschnitt zur Globalbeurteilung, wobei die zu evaluierende Lehrveranstaltung relativ zu anderen Lehrveranstaltungen zu bewerten ist und eine offene Fragestellung Verbesserungsvorschläge ermöglicht.

Die Ergebnisse der Lehrveranstaltungsevaluation fließen in die Evaluierung von Tenure-Track- bzw. Juniorprofessoren ein sowie die Bemessung von Leistungszulagen von Professoren.

Durchführung der Studentischen Lehrveranstaltungsevaluation

Seit 2005 wird die studentische Lehrveranstaltungsevaluation zentral als Online-Evaluation mittels einer Inhouse-Programmierung umgesetzt. Die Einladung zur Studentischen Lehrveranstaltungsevaluation erfolgt in der Lehrveranstaltung persönlich durch die Lehrenden. Aufgrund des Alters der Programmierung waren kleine Anpassungen und notwendige Sicherheitsupdates nicht mehr möglich. Daher wurde über ein geeignetes IT-System entschieden, was folgende Mindestanforderungen für die studentische Lehrveranstaltungsevaluation und deren technische Umsetzung erfüllt (siehe Tabelle). Der Markt bietet verschiedene Softwareprodukte für Onlinebefragungen, die sich entweder mehr für individuelle, also dezentrale Evaluationsverfahren eignen oder umfassende Softwareprodukte, welche die geeigneten Schnittstellen aufweisen, aber mit sehr hohen Anschaffungs-, Schulungs- sowie Unterhaltungskosten verbunden

Resultierende Anforderungen an die

Studentische Lehrveranstaltungsevaluation	Technische Umsetzung
<ul style="list-style-type: none"> • Repräsentativer Umfang (100 bis 150 Lehrveranstaltungen pro Semester) • Datenschutz und Datensicherheit (Integrität, Authentizität, Vertraulichkeit, Verfügbarkeit) • Übersichtlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Angemessener Kostenrahmen der Software (meist sind Lizenzverträge an die Menge der Umfrage geknüpft) • Nutzung bereits vorhandener Dienste und Softwareprodukte • Anpassungsfähigkeit der Software auf die Bedürfnisse des Qualitätsmanagements • Bedienbarkeit und Know-how zur Software-Inhouse-Kompetenz

sind. Im Ergebnis wurde auf die erprobte Open-Source-Software (OSS) „Limesurvey“ zur Befragung zurückgegriffen. Sie bietet eine Vielzahl von Vorteilen, insbesondere in Bezug auf Kosten und Anpassungsfähigkeit an individuelle Bedürfnisse. Im Gegensatz zu proprietärer, lizenzpflichtiger Software ist die OSS kostenfrei nutzbar. Ein weiterer Vorteil von OSS liegt in ihrer Anpassungsfähigkeit. Da der Quellcode offen zugänglich ist, können Entwickler die Software nach ihren eigenen Bedürfnissen und Anforderungen anpassen. Die OSS bietet also ein hohes Maß an Flexibilität, so dass sie an unsere spezifischen Anforderungen angepasst werden kann und effizientere Arbeitsabläufe bei der Evaluation erreicht werden. Der veröffentlichte Quellcode ermöglicht auch eine starke Community-Beteiligung.

Entwickler und Nutzer weltweit können zur Verbesserung der Software beitragen, Fehler beheben und neue Funktionen entwickeln. Die große Entwicklergemeinschaft führt oft zu schnellen Updates, Patches und Fehlerbehebungen, was die Sicherheit und Stabilität der Software erhöht. Beispielsweise wurde im Rahmen des Evaluationsprozesses ein Fehler in der Exportfunktion von Limesurvey entdeckt, welcher innerhalb eines Monats durch einen Entwickler aus der LimeSurvey Community behoben wurde

Technische Umsetzung der Studentischen Lehrveranstaltungsevaluation seit 2022

Mittels Windows PowerShell⁶ und modularen Erweiterungen aus dem Open Source Bereich können Daten aus einer Tabelle und der Musterfragebogen automatisiert zu beliebig vielen Lehrveranstaltungsbefragungen zusammengeführt werden und mit PHP⁷ für jeden Studierenden (Hörer) ein individualisierter und anonymer Token⁸ erzeugt werden (Abb. 1). Die individualisierten und anonymen Token werden als Loginzettel (Abb. 2) (Einladung zur studentischen Lehrveranstaltungsevaluation) mit Hilfe des Programms LaTeX gedruckt.

Nach Abschluss des Evaluationszeitraums werden die Lehrveranstaltungen ausgewertet, die durch mindestens 4 Studierende evaluiert wurden. Die Lehrenden erhalten die Evaluationsberichte, mit der

Bitte diese idealerweise mit den Studierenden zu diskutieren.

Die von der OSS Limesurvey vorgegebene Darstellung der Evaluationsberichte entspricht hinsichtlich Übersichtlichkeit und Layout nicht dem gewohnten Standard, weshalb an dieser Stelle unsererseits nach Alternativen gesucht wurde. Die Evaluationsantworten der Studierenden werden mit der Exportfunktion von Limesurvey in Tabellenform ausgegeben und ebenfalls mit LaTeX zu den Evaluationsberichten (Abb. 3) zusammengeführt. Auch hier erfolgt der Export automatisiert per Skript. Mit der Auswahl der Software wurde ein guter Kompromiss zwischen Kosten-Nutzenverhältnis und Praktikabilität gefunden. Die Software erlaubt hohe Effizienz in der Evaluation bei einer großen Anzahl an Befragungen und Teilnehmern und ermöglicht trotzdem eine hohe Flexibilität und Freiräume bei der Gestaltung.



Abb 3: Evaluationsbericht

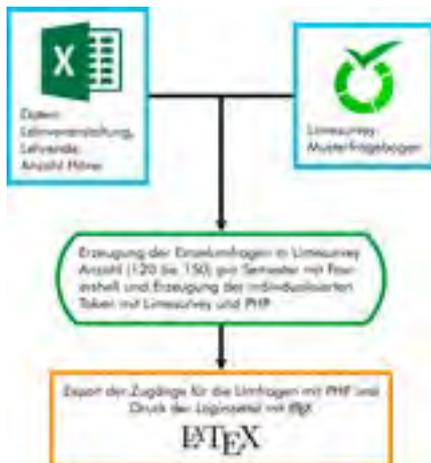


Abb 1: Umfragen mit Login

Bitte evaluieren Sie bis spätestens 22.07.2022 die Lehrveranstaltung:
 Please evaluate the following course until 22-07-2022: Test-LV [EV SoSe22]
 Zu evaluierende/r Lehrende/r: Univ.-Prof. Max Mustermann
 Sie erreichen die Umfrage unter folgender URL
 Please, use the following URL
<https://limesurvey.hrz.tu-freiberg.de/index.php/221001?token=8wRbER89GQniQ2Y&lang=de>
 oder mit folgendem QR-Code:
 or the following QR code:

Abb 2: Loginzettel

- 1 TU Bergakademie Freiberg, Prorektorin Bildung
- 2 TU Bergakademie Freiberg, Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Mineralogie
- 3 TU Bergakademie Freiberg, Referentin der Prorektorin für Bildung
- 4 TU Bergakademie Freiberg, Technischer Mitarbeiter des URZ
- 5 LaTeX ist ein Textsatzsystem, bei dem mit Hilfe von Makros die Formatierung für das gesamte Dokument gelöst wird.
- 6 Powershell ist eine Skriptsprache, über die man mittels einer Kommandozeilenschnittstelle mit systeminternen Funktionen des Betriebssystems oder einer Anwendung interagieren kann. Außerdem lassen sich so wiederholende Schritte per Schleifen automatisieren. Seit der Version 6 basiert PowerShell auf der Core Common Language Runtime (CoreCLR) und ist als plattformübergreifendes Open-Source-Projekt unter der MIT-Lizenz für Linux, macOS und Windows verfügbar.
- 7 PHP ist eine Open Source-Skriptsprache, welche speziell für die Webprogrammierung geeignet ist und in HTML eingebettet werden kann.
- 8 Ein Token dienen der Authentifizierung von Benutzern. Sie sind meist Bestandteil eines Systems der Zugriffskontrolle mit Zwei-Faktor-Authentisierung.

Symposium zur Bedeutung der kleinen Fächer am 19. Mai 2022 an der TUBAF

Ellen Weißmantel

Am 19. Mai 2022 fand das Symposium „Bedeutung der kleinen Fächer in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft“, veranstaltet durch das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus und die Landesrektorenkonferenz Sachsen, an der TU Bergakademie Freiberg statt. Als kleine Fächer werden in der deutschen Hochschulpolitik und Hochschulforschung eigenständige wissenschaftliche Fächer genannt, die eine geringe Zahl an Professuren aufweisen. Nicht jedes Fach entspricht dabei einem gleichnamigen Studiengang, da kleine Fächer auch gemeinsame Lehre im Rahmen von Verbundstudiengängen anbieten können. Die Anzahl der Studierenden ist für die Zuordnung nicht einschlägig. Vielmehr gilt, dass alle Fächer, die in Deutschland an höchstens zwei Universitäten mit mehr als drei unbefristeten Professuren vertreten sind, als kleine Fächer behandelt werden¹. Das Symposium diente dem Dialog zu den kleinen Fächern in Sachsen, wie im Koalitionsvertrag „Gemeinsam für Sachsen“ festgehalten. Die Veranstalter konnten ein positives Fazit des Symposiums ziehen.

Mit rund 60 geladenen Gästen und rund 20 virtuellen Teilnehmern diskutierten Vertreterinnen und Vertreter kleiner Fächer, der Hochschulleitungen, der Hochschuladministration und -politik die Vielfalt und Innovationskraft der kleinen Fächer. In Vorträgen wurden einige dieser Fächer vorgestellt und anhand praktischer Beispiele der konkrete Nutzen und die Bedeutung für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft erläutert.

Auf die Kompetenzen und Methoden der kleinen Fächer sind die Wissenschaft und die Wirtschaft zwingend angewiesen. Der hohe Grad der Arbeitsteilung, der Spezialisierung etc. führt immer mehr dazu, dass die erforderlichen Technologiekompetenzen bei wenigen hochspezialisierten Wissenschaftlern und Fachkräften liegen. Diese Fachkompetenzen und Fachmethoden sind so bedeutungsvoll, dass deren Wegfall den Wirtschaftsprozess in wei-

ten Branchenteilen, wenn nicht sogar die gesamte Wirtschaft, zum Erliegen bringen würde. An der TU Bergakademie Freiberg sind die kleinen Fächer nicht „klein“, sondern profilbildend und zukunftsweisend. Die Einbindung der individuellen Forschungsaktivitäten in die Profilbildung der TU Bergakademie Freiberg bzw. generell in die Universitäten bedeutet für die kleinen Fächer, dass sie sich auch für Fragestellungen öffnen, die sich nicht ausschließlich aus ihren engeren fachimmanenten Forschungsinteressen heraus ergeben. Für wirtschaftlich wichtige Bereiche wie Rohstoffe und Circular Economy, mit denen sich die TU Bergakademie Freiberg u.a. in Lehre und Forschung befasst, haben die kleinen Fächer im ingenieurwissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Gebiet daher eine große Bedeutung. Ingenieurwissenschaftliche Fächer wie das Markscheidewesen, Umformtechnik, Metallurgie der TU Bergakademie Freiberg stehen dabei exemplarisch für Fächer, die sich zu den kleinen Fächern rechnen und dennoch unabdingbar für die Rohstoffversorgung unserer Industriegesellschaft sind.

Der Vorsitzende der Landesrektorenkonferenz und Rektor der TU Bergakademie Freiberg Prof. Klaus-Dieter Barbknecht zieht folgendes Fazit: »Es wäre ein Fehler zu glauben, ein Studiengang müsse in seiner Bedeutung eine kritische Masse erreichen, um relevant zu sein. Spezialisierung ist für viele Fachbereiche wichtig. Sie steht den sogenannten großen Fächern nicht entgegen, sondern ergänzt die Wissensvermittlung an entscheidenden Stellen.«

Die Mainzer Arbeitsstelle der kleinen Fächer benennt gegenwärtig etwa 150 kleine Fächer, davon ist etwa die Hälfte an den sächsischen Hochschulen vertreten. Ihr Erhalt ist in der sächsischen Hochschulentwicklungsplanung verankert.

¹ Auszug aus Wikipedia-Eintrag zu den Kleinen Fächern



Staatsminister für Wissenschaft S. Gemkow und Staatssekretärin A. Franke im Auditorium



Vorsitzender der Landesrektorenkonferenz Sachsen und Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. K.-D. Barbknecht, während seines Grußwortes zum Symposium



Prof. Dr. J. Benndorf, Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg, während seines Vortrags „Europaweite Vernetzung der kleinen Fächer am Bsp. des kleinen Fachs „Markscheidewesen““

ELANLAB

E-Learning, angewandt im Labor – Digitale Elemente im Physikalischen Praktikum

Claudia Funke, Hartmut Stöcker

Studierende werden zukünftig die Möglichkeit haben, sich vor dem Praktikumsversuch mit dem jeweiligen Versuchsaufbau visuell und interaktiv auseinanderzusetzen. Dafür widmet sich das Projekt ELANLAB bis zum Wintersemester 2024/25 insbesondere der Selbstlernphase der Studierenden. Die bisher nur textbasierten Informationen zu den einzelnen Versuchen werden durch interaktive Videos ergänzt. Neben den visuellen (lesenden) Lerntypen werden zusätzlich auditive, motorische, mathematisch-analytische und spielerische Lerntypen in der Vorbereitungsphase angesprochen.

Der Ablauf eines Praktikumsversuchs besteht für die Studierenden aus einer vorgelagerten Selbstlernphase für die Versuchs- und Protokollvorbereitung und die Erarbeitung theoretischer Grundlagen sowie einer Präsenzzeit mit Antestat, Versuchsdurchführung und Protokollfertigung.

In der Vorbereitungs- bzw. Selbstlernphase bestanden bisher Probleme hinsichtlich der (visuellen) Vorstellung der Versuchsaufbauten und der durchzuführenden Abläufe. Den Studierenden standen in der Vergangenheit nur Versuchsanleitungen in Schriftform zur Verfügung. Dies wirkte sich negativ auf die Versuchs- und Protokollvorbereitung aus. Die Kontrolle zu Beginn des Praktikums vom je-

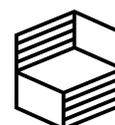
weiligen Betreuer führte dann dazu, dass einige Studierende den Versuch aufgrund einer zu oberflächlichen Vorbereitung wiederholen mussten.

Mit dem Start ins Sommersemester 2022 wurden sowohl der OPAL-Kurs des Physikalischen Praktikums als auch die dort hinterlegten Materialien komplett überarbeitet. Gleichzeitig wurden die MS-Word-Papier-Testate nach einer umfangreichen inhaltlichen Überarbeitung auf ONYX-Tests umgestellt. Ein Teil des Aufgabenpools steht den Studierenden nun permanent asynchron als Selbsttest zur Vorbereitung zur Verfügung. Die Aufgaben ermöglichen den Lernenden seitdem ein formatives Assessment, das sehr gern wahrgenommen wird. Die Lehrenden profitieren von der statistischen Auswertung der Testantworten, was eine zielgerichtete Verbesserung der angebotenen Materialien ermöglicht.

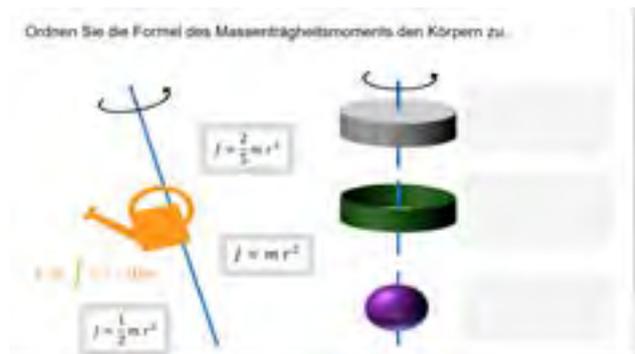
Zur Unterstützung der Protokollvorbereitung werden seit dem Wintersemester 2022/23 virtuelle Arbeitsplätze und interaktive Videos im Format H5P erstellt. Die virtuellen Arbeitsplätze erlauben – von zu Hause aus – ein Kennenlernen der benötigten Instrumente und geben wichtige Tipps zu deren Handhabung. Die interaktiven Videos the-

matisieren die Lernziele und wichtige Details der Versuchsdurchführung, wobei integrierte Fragen die Studierenden zum Mitdenken anregen. Die Umsetzung wird für jeden einzelnen Versuch als Teilerfolg wertgeschätzt.

Diese neuen digitalen Elemente im Physikalischen Praktikum bieten den Studierenden einen nachhaltigen Lerneffekt durch eine zeitliche und inhaltliche Strukturierung der Selbstlernphase sowie automatisches Feedback zum Lernfortschritt.



Stiftung
Innovation in der
Hochschullehre



Bilder: Screenshots

Wohnheim Heinestraße 13 saniert

Thomas Schmalz

Es war eine Art Zeitreise, als wir – einige Mitarbeiter des Studentenwerks – im September 2015 das Wohnheim Heinestraße 13 erstmals wieder betraten.

10 Jahre vorher wegen Brandschutzauflagen und fehlender Finanzierung einer Sanierung stillgelegt, machte das Haus dennoch nicht den schlechtesten Eindruck. Sicherlich war es hilfreich gewesen, dass in den Neunziger Jahren das Dach neu gedeckt und die Fenster erneuert worden waren, denn dadurch blieb das Gebäude über die Jahre des Leerstandes trocken. Innen war seit der Übernahme des Wohnheims durch das Studentenwerk im Jahr 1991 nicht viel passiert. Die Wandschränke in den Zimmern waren aus der Zeit der Errichtung des Gebäudes, was durchaus für die Qualität der damaligen Arbeit spricht, die Toiletten und Waschräume auf dem Gang, die Duschen im Keller. Um der Wahrheit die Ehre zu geben: Die Gemeinschaftsduschen waren mittlerweile saniert worden. Alles andere jedoch lies die Fünfziger Jahre der DDR auferstehen. Dieses Haus wollten wir sanieren.

Dabei war es schon ein kleines Wunder, dass dieser Sanierungsplan



der Agricola- und Winklerstraße seien ausreichend für den Standort Freiberg, hatte das Ministerium festgestellt.

Die Chemnitzer Straße wurde tatsächlich abgegeben, zumal sich der Bund meldete und seine Ansprüche geltend machte, da es sich ehemals um eine Kaserne gehandelt habe. Wir waren nicht sonderlich böse darüber, denn die Häuser ließen sich mittlerweile nur

schwer vermieten. Für Freiburger Verhältnisse lagen die Wohnheime unerreichbar weit entfernt vom Campus. Der Bund hätte jedoch seine Forderungen früher anmelden können, denn mittlerweile war bereits das kleinere der beiden an der Straße stehenden Gebäude von uns saniert.

Wer wem nun welche Fördergelder zurückzahlen musste, weil sie nicht mehr zweckentsprechend (für studentisches Wohnen) eingesetzt waren, handelten glücklicherweise Bund und Land unter sich aus.

Bei dem Standort Heinestraße wollte sich Dr. Fischer, der damalige Geschäftsführer, jedoch nicht so einfach

geschlagen geben. Aber wie war der Standort ohne Sanierung zu halten? Es blieb nichts Anderes übrig, als in einer Art Salamtaktik zwar ein Wohnheim nach dem anderen an den Freistaat zurückzugeben, mindestens eines der Häuser jedoch weiter zu betreiben, um umgangssprachlich den „Fuß in der Tür zu behalten“.

Die Studentenzahlen stiegen von Jahr zu Jahr und oftmals gab es lange Schlangen vor der Tür der Wohnheimverwaltung, wenn die letzten freien Zimmer des Semesters vergeben wurden. Mit dieser Begründung gelang es, die Genehmigung des Staatsministeriums für die Übernahme des Hauses in Erbbaurecht zu erhalten.

Ausschließlich mit eigenerwirtschafteten Mitteln konnte 2012 die Sanierung des Wohnheims begonnen werden. Im Wintersemester 2014 war das Vorhaben größtenteils beendet und Studentinnen und Studenten in die schmucken Einzelapartments eingezogen. Es musste nun ein Plan erdacht werden, wie das nächste Gebäude zum Studentenwerk zurückfinden könnte. Der war tatsächlich augenscheinlich, denn die beiden Häuser bilden zusammen mit der gemeinsamen Freifläche eine architektonische Einheit. Schaute man sich den Platz an, hatte man das Gefühl einer „Vorher-Nachher-Show“.

Und wieder schafften wir es, das Staatsministerium von der Notwendigkeit zu überzeugen, dieses Haus zu



überhaupt gefasst werden konnte. Mit Gründung des Studentenwerks Freiberg wurden zwar alle Wohnheime weiterbetrieben, jedoch bekamen die Standorte Chemnitzer Straße („Ernst Thälmann Heim“) und Heinestraße 11 - 17 den Zusatz „kw“, was „kurzfristig wegfallend“ bedeutete und von uns als „kann weg“ interpretiert wurde. Die Plätze in

übernehmen. Mittlerweile war der Ruf nach bezahlbarem Wohnraum für Studierende in Sachsen so laut geworden, dass auch in bescheidenem Maße Fördergelder zur Verfügung standen.

Am 26.08.2019 wurde der Startschuss für die Sanierung gegeben, und das im wahrsten Sinne des Wortes. Da selbst Startschusspistolen nicht von Uneingeweihten abgeschossen werden dürfen, holten wir uns mit der Pistole auch einen Schützen zur Veranstaltung.



Foto: Detlev Müller

Im Beisein von Staatssekretär Uwe Gaul, Oberbürgermeister Sven Krüger, Kanzler Jens Then und vielen weiteren Gästen starteten wir das neue Großprojekt. Um den Anwesenden ein Gefühl für die zukünftige Einrichtung geben zu können, wurde in einem der Räume eine Zeichnung in Originalgröße ausgelegt, an den Wänden gab es die passenden Erläuterungen.

100.000 Euro gab der Freistaat als Zuschuss für die Planung. Unsere Kostenrechnung belief sich auf 5,2 Mio. Euro, letztlich sollten es knapp 5,4 Mio. Euro werden. Im Hinblick auf die schier explodierenden Baupreise in den Jahren 2021 und 2022 sind wir mit dem Ergebnis vollauf zufrieden. Der Freistaat gab in Summe rund 50 % der Kosten als Zu-

schuss, was sich positiv auf die zukünftigen Mieten auswirkte. Bis jedoch die Mieter einziehen konnten, sollte noch einige Zeit vergehen.

Geplant waren zwei Jahre Bauzeit, als Termin für die Wiederinbetriebnahme war der 1. Oktober 2021 gesetzt. Corona machte uns einen gehörigen Strich durch die Rechnung, schon mit der eingeplanten Zeit für die Baugenehmigung. Ein Jahr nach Antragstellung erreichte uns die Genehmigung zum Baubeginn. Der Termin zur Wiederinbetriebnahme wurde demzufolge um ein Jahr verschoben.

Der Architekturfirma und den zumeist in der Umgebung ansässigen Baufirmen ebenso wie den Kolleginnen und Kollegen des Studentenwerks ist sehr viel Dank zu zollen, denn trotz der Widrigkeiten, die sowohl die Pandemie als auch ein Wassereintrich bescherten, lief es sehr gut auf der Baustelle. Selten konnte man solch eine gute und zielgerichtete Zusammenarbeit der Gewerke mit Planern und Bauherrn erleben.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen und steht seinem Schwesterbau gegenüber in nichts nach. 77 Plätze in fast ausschließlich Einzelapartments sind praktisch und wohnlich eingerichtet. Leider wurde es uns nicht gestattet im Keller Gemeinschaftsräume einzurichten, es fehlen laut Bauvorschriften rund 30 cm Raumhöhe.



Foto: Isabel Fleischer



Foto: Isabel Fleischer

Aber das kann die Freude da-

rüber nicht trüben, dass der Universitätsstandort Freiberg nunmehr ein weiteres Wohnheim vorweisen kann, das beiträgt, das Studium angenehm zu machen.

Auch Ministerpräsident Michael Kretschmer interessierte sich dafür, wie Studentinnen und Studenten heute in Sachsen leben und bat darum, sich das fertiggestellte Wohnheim anschauen zu dürfen. Diesem Wunsch kamen wir gern nach. Bei einem Rundgang und in Gesprächen mit Mietern stellte er fest, dass „Studentenbuden“ während seiner Studienzeit nicht so komfortabel gewesen seien. Er freute sich über das Ergebnis der Sanierung und fragte mit Blick auf das Gebäude Heinestraße 15, wann denn das nächste Wohnheim saniert würde. Nun, am Studentenwerk Freiberg soll es nicht liegen ...



Foto: Detlev Müller



Foto: Detlev Müller

Universität



Impressionen vom Mitarbeiterfest am 24. Mai 2023



Der Cyberangriff auf unsere Technische Universität – Versuch einer Chronologie

Andreas Kluge¹, Felix Eckhofer²

Mitte Dezember 2022 am Rande einer Fachtagung ein Gespräch von Rechenzentrumsleitern sächsischer Hochschulen:

Ein Teilnehmer berichtet über die mühevollen Abwehr und die unangenehmen Auswirkungen eines realen Cyberangriffs sowie über die generellen Probleme einen solchen Angriff rechtzeitig zu detektieren oder sich gar generell davor zu schützen. Ein Anderer nennt das Beispiel eines erfolgreichen Angriffs auf eine große Universität im Westen unseres Landes.

Ja, von Methoden der „privilege escalation“, der „LSASS-Dumps“ und Hacker-Werkzeugen wie „Cobalt Strike“, „Mimikatz“ oder anderen hatte man gelesen, auch Berichte über Ransomware-Angriffe auf Einrichtungen mit mutmaßlich „kleinerer“ IT, die sicher (noch) weniger Ressourcen für die IT-Sicherheit einsetzen konnten, waren bekannt. Aber dass die eigenen, nach bestem Wissen und Gewissen von qualifizierten, microsoft-zertifizierten Mitarbeitern aufgebauten und gepflegten Herzstücke der „Microsoft Active Directory“-Domänen so wenig Schutz gegen Angreifer bieten, war doch eine erschreckende Erkenntnis.

Die sächsischen Universitäten und Hochschulen hatten zwar kurz zuvor eine gemeinsame Beschaffung für ein XDR-System (eXtended Detection and Response) unter Dach und Fach gebracht und die Rechenzentren konnten in absehbarer Zeit mit dem Rollout beginnen. Aber Erfahrungen, ob das vor der mutmaßlich von allen Seiten kommenden Bedrohung ausreichend schützen würde, lagen noch nicht vor.

Spoiler: Vier Wochen später hat es zwei weitere Rechenzentrumsleiter aus dieser Runde ebenfalls getroffen.

Szenenwechsel: Erste Rektoratssitzung des neuen Jahres. URZ-Leiter und Informationssicherheitsbeauftragter erläutern den IST-Stand der IT-Sicherheit an der TU BAF.

Es sieht eigentlich gar nicht so schlecht aus, zumindest im zentralen Bereich. IT-Sicherheit ist in allen Pha-

sen des Lebenszyklus der IT-Dienstleistungen immanenter Bestandteil. Natürlich kann man mehr machen, aber das Ermöglichen neuer IT-Anwendungen hat in der täglichen Arbeit immer ein klein wenig mehr Gewicht als die Gewährleistung der IT-Sicherheit gegenüber allen Eventualitäten.

Das Fazit weist natürlich auch eine Reihe Risiken aus, denen nicht in ausreichender Weise begegnet wird. So sind erfolgreiche Phishing-Angriffe, bei denen es gelingt, einzelnen Mitarbeitern und Studenten deren zentrale Passwörter abzuluxsen, ein ansteigendes Problem. Bislang wurde das „nur“ zum Spam-Versand über die kompromittierten E-Mail-Accounts ausgenutzt.

Ein Projekt zum wirksamen Schutz der zentralen Accounts durch Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA) wurde bereits gestartet, leidet aber am Mangel an personellen und finanziellen Ressourcen. Da es außerdem tief in die Arbeitsgewohnheiten der Nutzer eingreift, wird mit einer Projektlaufzeit von zwei oder mehr Jahren gerechnet.

Ein Maßnahmenplan für die Reaktion auf einen mutmaßlichen Cyberangriff wird ebenfalls dargelegt und von der Universitätsleitung gebilligt. Vermutlich hat niemand gedacht, dass man diesen schon in Wochenfrist benötigen wird.

Erneuter Szenenwechsel: Besprechung im URZ zum Thema „Business Continuity Management“ der zentralen Universitätsverwaltung mit den Dezentralen der zentralen Universitätsverwaltung.

Keiner ahnt, dass quasi zur gleichen Zeit sich Angreifer bereits Zugang zum Campusdatennetz verschafft hatten.

Nächste Szene: Freitagmittag – Information durch eine Wissenschaftlerin des Instituts für Mechanik und Fluidynamik: „Bei der Anmeldung am Terminalserver ... erscheint ein Hinweis auf einen Malwarefund“.

Soviel zur Vorgeschichte. Der letzte Hinweis brachte unmittelbar unsere Abwehrkette ins Rollen. Eine erste

Analyse der Log-Meldungen der bereits oben erwähnten XDR-Software konkret für diesen Server:

```
13.01.2023 00:36
MALWARE ENTFERNT:
'CREDS_4B (T1003.001)
BEI 'C:\WINDOWS\SYSTEM32\
RUNDLL32.EXE'
N/A
```

...

Listing 1: Beispiel einer von mehreren, ähnlichen Logmeldung der XDR-Software auf einem angegriffenen System

Eine kurze Recherche ergab, dass die Malwarebezeichnung „Creds_4“ auf einen Versuch hindeutet, Daten des Local Security Authority Subsystem Service (LSASS) aus dem Hauptspeicher eines Microsoft-Windows-Servers zu extrahieren bzw. in eine Datei auf der Festplatte zu „dumpen“. Das ist ein klarer Hinweis auf einen ersten Schritt zur Erlangung erhöhter Rechte im System (Privilegien-Eskalation).

Warum die XDR-Software in der Grundeinstellung der Meinung war, die wiederholte Abwehr verschiedener Malware-Versionen sei kein Grund, diese Vorfälle als Meldungen auf dem zentralen Enterprise-Dashboard zu aggregieren, bleibt allerdings im Dunkeln.

Für uns war das jedenfalls der Anlass, die XDR-Logs auch auf den anderen zentralen Servern in unserer Active Directory Domäne zu untersuchen. Dazu wurden alle mit Server-Administrationsaufgaben betrauten Mitarbeiter des URZ einbezogen bzw. entsprechend instruiert.

Die weitere Untersuchung der XDR-Logs und System-Logs auf diesen Systemen ergab verdächtige Spuren auf drei weiteren Servern. Die Zeitstempel der Log-Einträge sowie die Verknüpfung mit den VPN- und Firewall-Logs ermöglichten eine Rekonstruktion des Ablaufs der Ereignisse.

Einer dieser (virtuellen) Windows-Server war bereits vor Jahren von einem dezentralen Bereich beim URZ angemietet worden und damals auch zur

Nutzung der zentralen Accounts in die Active Directory Domäne eingebunden. Es musste leider festgestellt werden, dass dieser Server seit geraumer Zeit, ohne Hinweis an das URZ, nicht mehr bestimmungsgemäß genutzt und auch nicht mehr von einem dezentralen Administrator gepflegt wurde.

Auf diesem Server fand sich aber ein aktueller VPN-Nutzer-Zugriff. Dieser Account wurde umgehend gesperrt und der Nutzer informiert. Die Rücksprache mit dem Nutzer ergab, dass dieser Zugriff nicht auf sein Handeln zurückzuführen war.

Die Befunde ließen den Schluss zu, dass dieser Server vermutlich der Ausgangspunkt des initialen Eindringens war. Über eine nicht-gepatchte Sicherheitslücke des Systems war wahrscheinlich das Starten eines eigentlich höher priorisierten Prozesses zum Dumpen der im LSASS-System gespeicherten Credentials möglich. Mit den dort vorgefundenen Dienste-Konten war eine weitere Ausbreitung („lateral movement“) auf andere Server in der Active Directory Domäne möglich.

Es wurden umgehend alle Server deaktiviert, die von diesem Server aus kontaktiert wurden bzw. auf denen das XDR-System angeschlagen hatte und für eine weitere computerforensische Untersuchung in einer gesicherten Umgebung archiviert. Natürlich wurden auch alle zentralen Linux-/FreeBSD-Server sowie die nicht in die Active Directory Domäne eingebundenen Windows-Server auf verdächtige Log-Einträge und andere Unregelmäßigkeiten untersucht.

In Abstimmung mit dem Informationssicherheitsbeauftragten unserer TU wurde am späten Freitagnachmittag eingeschätzt, dass der Angriffsversuch wahrscheinlich rechtzeitig bemerkt wurde und abgeblockt werden konnte. Hinweise, dass die Angreifer sich weitergehende Rechte in der Domäne beschaffen konnte, lagen nicht vor.

Alle mit Server-Administrationsaufgaben betrauten Mitarbeiter hatten ihre Bereitschaft erklärt, auch am Wochenende und aus dem Homeoffice heraus, weiter nach möglichen Cyberangriffsspuren zu suchen bzw. die Systeme des URZ generell akribisch auf abweichendes Verhalten zu beobachten.

Das Zusammenfassen und Auswerten der doch über das Wochenende gefundenen Spuren ließ dann aber am

Montag die anfängliche Befürchtung wahr werden, dass den Angreifern womöglich ein „Golden Ticket“ in die Hände gefallen sein könnte, das uneingeschränkte Rechte in der Domäne einräumt.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden jetzt die Maßnahmen des Notfallplans für den Fall eines erfolgreichen Cyberangriffs in Gang gesetzt:

- Abschaltung des VPN
- Information der Universitätsleitung
- Einberufung aller URZ-Mitarbeiter in die Dienststelle und das Aussetzen der Mobilien Arbeit
- Information der dezentralen Administratoren in den Instituten und zentralen Bereichen
- Information des DFN-CERT (Computer Emergency Response Team unseres übergeordneten Netzproviders, Verein für die Förderung eines deutschen Forschungsnetzes e.V.) mit der Bitte um Unterstützung
- Kontaktaufnahme mit einem vom DFN-CERT empfohlenem IT-Forensik-Dienstleister
- Bildung eines Krisenstabs durch die Universitätsleitung
- Aufbau alternativer Kommunikationswege (z. B. Signalgruppe zum Austausch mit den dezentralen Administratoren)
- Entscheidung zur Trennung des Campusdatennetzes vom Internet (Kappung des X-WiN-Uplinks) durch die Universitätsleitung, später auch zur Isolierung aller Instituts- bzw. Bereichsnetze
- Information an staatliche Ermittlungsorgane (Zentrale Ansprechstelle Cybercrime des LKA Sachsen) und weitere übergeordnete Organe (SAX-CERT, SMWK)
- Information der Mitarbeiter und Studenten durch eine Rektor-Mail (die letzte Nachricht vor der Isolierung der Institutsnetze)
- Beginn der forensischen Untersuchungen durch den externen Dienstleister, unterstützt durch alle URZ-Mitarbeiter

Etwas beruhigend war, dass bereits in der ersten Bestandsaufnahme mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden konnte, dass die Angreifer sich erweiterte Zugriffsrechte zu den zentralen Storage-Systemen oder dem Backup-System verschaffen konnten.

Die dort eingebauten Zugriffshürden mit komplett separaten Administrationsmechanismen bzw. einem Wechsel der Betriebssystemumgebung (kein Microsoft-Windows zur Administration der Storage-Systeme) waren augenscheinlich ausreichend hoch.

Auch im Fall des anschließenden Einsatzes von Ransomware durch die Angreifer hätten uns unsere Sicherungssysteme mit den stündlichen, täglichen und wöchentlichen Snapshots aller Nutzerdaten auf dem zentralen Filesystem sowie den im Backupsystem abgelegten Dateien wohl vor einem schmerzhaften Datenverlust bewahrt.

Auch in der weiteren forensischen Analyse konnten keine gegenteiligen Anzeichen oder Spuren gefunden werden. Die Untersuchung der vom DFN-CERT dankenswerter Weise zur Verfügung gestellten Netflow-Daten unseres X-WiN-Übergabepunktes in das Internet fand ebenfalls keine Hinweise darauf, dass auffällige Datenmengen durch die Angreifer exfiltriert wurden.

Das Fazit der forensischen Analyse lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Eine externe Angreifer-Gruppe, vermutlich ein „Initial Access Broker (IAB)“, hat sich mittels abge-„phish“-ter Zugangsdaten den Zugang zum VPN unserer TU verschafft. Mit relativ hohem manuellen Einsatz, aber auch mit Hilfe fortgeschrittener einschlägiger Softwaretools wie Cobalt Strike, verschafften sich die Angreifer einen Überblick über die interne AD-Domänen-Infrastruktur.

Durch Ausbreitung von ursprünglich dezentral betreuten, dann aber vergebessenen Servern auf verschiedene andere Systeme gelang es den Angreifern offensichtlich, eine Reihe von Zugangsdaten zu erbeuten. Durch Techniken der „Privilegien-Eskalation“ gelangten sie schließlich zu administrativen Berechtigungen im zentralen Active Directory. Aufgrund weiterer gefundener Spuren muss man davon ausgehen, dass damit unsere Infrastruktur für einen Ransomware-Angriff (mit Verschlüsselung aller Speichersysteme, die über im AD gespeicherte Nutzer-Credentials erreichbar waren) vorbereitet worden war.

Wahrscheinlich sollte die Ausnutzung des ersten noch erfolgreichen Schrittes des Cyberangriffs durch eine andere kriminelle Gruppe erfolgen. Ein entsprechendes Vorgehen, der Verkauf

eines durch einen IAB „klargemachten“ Netzes an eine andere kriminelle Cybergang ist nicht unüblich.

Bevor der Ransomware-Einsatz allerdings stattfinden konnte, ist der Angriff von uns aufgrund des oben erwähnten Nutzerhinweises bemerkt worden. Die eingeleiteten Gegenmaßnahmen haben (vielleicht gerade noch rechtzeitig) das Ausnutzen der erfolgreichen kriminellen Vorbereitungen verhindert.

Am Anfang parallel zu den computer-forensischen Untersuchungen mit Unterstützung durch einen externen Dienstleister, später nur noch von den Mitarbeitern des URZ gemeinsam mit dem Informationssicherheitsbeauftragten in wechselnden Gruppen, wurden die Konzepte für die schnelle Umsetzung folgender IT-Sicherungsmaßnahmen diskutiert, entwickelt und umgesetzt:

- Aufbau eines internen, abgeschirmten „Isolationsnetzes“ mit kontrollierten, sicheren Linux-Client-Installationen, in denen unter Verwendung der alten, potentiell kompromittierten Zugangsdaten ein Zugriff auf zentral gespeicherte Nutzerdaten, die E-Mail-Postfächer und mit etwas Verzögerung, der Zugriff auf das HPC-System wieder möglich wurde,
- sicherer Wiederaufbau der zentralen Authentifizierungs-/Autorisierungsinfrastruktur auf der Grundlage von aktuellen Standards und Best-Practice-Erfahrungen anderer Unternehmen,
- Aufbau einer abgetrennten Administrationsinfrastruktur nach dem Tiering-Modell, das besseren Schutz vor „lateral movement“ und der „privilege escalation“ bietet,
- Generieren und sicherer Rollout neu erzeugter Initial-Passwörter,
- Wiederanschalten des Internetzugangs und streng kontrollierte, sukzessive Freigabe ausgewählter IT-Dienste in das Internet,
- komplettes Neuaufsetzen aller wichtigen zentralen Windowsserver in der Active Directory Domäne, z. B. aller Domain-Controller, der Exchange-Server sowie der „privileged access workstations“ für das Tiering-Modell,
- Zugriff auf das Bildungsportal mit dem neuen Passwort,
- Schaffung einer Lösung für appli-

kationsspezifische Passwörter und Anbindung besonders gefährdeter Dienste wie eduroam-WLAN und Unix-Mail,

- Einführung eines Systems zur zwei-Faktor-Authentifizierung, Integration der Lösung in unser Shibboleth-Portal und entsprechende Konfiguration kritischer Dienste wie Exchange Mailserver und VPN-Zugang,
- sukzessive Umstellung der Student-Lifecycle- und des Ressourcen-Management-Portals auf die neue Authentifizierungs-Infrastruktur und Freigabe zunächst im internen Netz,
- IT-Sicherheitsprüfung aller Client-Rechner bzw. komplettes Neuaufsetzen vieler Mitarbeiter-PCs und Server in den Instituten/Bereichen durch die dezentralen Administratoren,
- Konfiguration neuer bzw. zusätzlicher (virtueller) Instituts- bzw. Bereichsnetze analog zu den alten, jetzt isolierten Netzen, aber wieder mit funktionierendem Zugang zu den neu aufgesetzten zentralen Servern und zum Internet,
- Migration als „sauber“ gemeldeter PCs (und sonstiger netzwerkfähiger IT-Geräte) nach Abnahme durch den Informationssicherheitsbeauftragten in die neuen Netze und
- schrittweise Migration von dezentralen Serverdiensten in neue, isolierte Dienste-Netze.

Die wenigsten der neu implementierten IT-Sicherheitslösungen waren dabei so einfach „von der Stange“ einzusetzen. An vielen Stellen wurden von den URZ-Mitarbeitern in enger Zusammenarbeit mit dem Informationssicherheitsbeauftragten bereits etablierte Verfahren angepasst, mit eigenem Programmiercode weiterentwickelt oder sogar IT-Geschäftsprozesse völlig neu entwickelt. Nur so war es möglich, eine noch einigermaßen übersichtliche Sicherheitsarchitektur für eine sichere Authentifizierung unserer Nutzer zu entwickeln. Beispiele dafür sind die Beschränkung auf einen TOTP-Token (zweiter Faktor, der mit einem Smartphone generiert wird) für alle angebotenen Dienste (Exchange-Mail-Zugriff von außerhalb, Absicherung der Shibboleth-Authentifizierung z. B. beim VPN-Zugriff) oder Verfahren zum Umgang mit applikationsspezifischen

Passwörtern.

Von großer Bedeutung war aber auch die Zusammenarbeit mit den dezentralen Administratoren. Auf den wöchentlichen Treffen der IT-Administratoren des URZ und der Institute/Bereiche wurde über den aktuellen Stand der Wiederherstellung der IT-Dienste informiert. Es wurden aber auch Probleme und Lösungsmöglichkeiten gemeinsam diskutiert bzw. entwickelt.

Insbesondere in den ersten Monaten nach dem Cyberangriff war der (mindestens) 10-Stunden-Arbeitstag der Normalfall für die IT-Beschäftigten unserer Universität, die Überstundenkonten wuchsen in ungeahnte Höhen. Pünktlicher Feierabend oder gar Urlaub war in diesen Tagen ein Fremdwort. Bei den meisten kreisten wohl die Gedanken dann auch zu Hause immer noch um die anstehenden Probleme.

Die Arbeit der Wissenschaftler in Forschung und Lehre war aber sicher ebenso wie bei den Mitarbeitern in Verwaltung und den technischen Bereichen in den Monaten nach dem Cybervorfall außerordentlich erschwert und hat viel Anstrengungen gekostet. Das hat aber auch ein hohes Maß an Kreativität zur Umsetzung der Aufgaben unter diesen erschwerten Bedingungen freigesetzt.

Vor großer Bedeutung für die URZ-Mitarbeiter, sicher aber auch für die IT-Beschäftigten in den Fakultäten und anderen zentralen Bereichen, war der Rückhalt durch die Universitätsleitung. Das Rektorat hat sich regelmäßig über den Stand der Abwehr des Cyberangriffs und die folgenden Maßnahmen zur Wiederherstellung sicherer IT-Dienste unterrichten lassen, vorgeschlagene Maßnahmen fachkundig mit der URZ-Leitung und dem Informationssicherheitsbeauftragten diskutiert und die gemeinsam getroffenen Entscheidungen, wenn nötig, auch gegenüber Widerständen durchgesetzt. Es hat die Prioritäten klar auf den Schutz der in der IT-Infrastruktur gespeicherten Daten gesetzt und den IT-Beschäftigten damit die Sicherheit und Zeit gegeben, durchdachte und technisch optimale Lösungen für die Wiederfreigabe von sicheren IT-Diensten zu finden.

Auch wenn der Cyberangriff mittlerweile mehr als zehn Monate zurückliegt, beschäftigt er die IT insgesamt noch heute und voraussichtlich auch noch in den nächsten Monaten, wobei eine Rückkehr zur Situation vor dem

Cyberangriff natürlich ausgeschlossen ist.

In den nächsten Monaten wird sich das URZ und die Stabsstelle Informationssicherheit vor allem mit Projekten zur Umsetzung der folgenden Schwerpunkte beschäftigen:

- Einsatz von Hardware-Token in besonders sensiblen Bereichen,
- erweitertes VPN mit Zugriffsmöglichkeiten für Mitarbeiter in ihre Institutsbereiche,
- Neuaufbau des Identitäts-Management-Systems, vor allem mit einem verbesserten Nutzer-Selbstbedienungsportal,
- verbessertes IT-Asset-Management,
- Überarbeitung aller Abläufe zur Genehmigung und zum Monitoring der IT-Sicherheit aller zentralen und dezentralen Server und IT-Geschäftsprozesse,

- vollständigere Dokumentation aller IT-Assets mit Kontrolle der Aktualität und
- Vervollständigung des Informations-Sicherheits-Management-Systems.

Ausblick

Der Ausspruch „Nach dem Angriff ist vor dem Angriff“ stellt natürlich eine Plattitüde dar. Das macht diesen Ausspruch aber nicht weniger wahr. Genauso wahr ist die Feststellung „IT-Sicherheit ist kein Zustand, sondern ein Prozess“.

Über die oben angeführten, bereits umgesetzten bzw. in Umsetzung befindlichen IT-Sicherheitsmaßnahmen hinaus existieren Vorstellungen bei uns, die auch eine Detektion und den Schutz vor wahrscheinlichen, zukünftigen Angriffsvektoren versprechen.

Insgesamt ist die Gewährleistung

der IT-Sicherheit eine Aufgabe, die im wachsenden Maße die Aufmerksamkeit aller Studenten und Mitarbeiter unserer Universität erfordert, aber auch einen ständig anwachsenden Anteil unserer finanziellen und personellen Ressourcen verschlingen wird.

Zumindest aber beim Verständnis für die IT-Sicherheit durch unsere Mitarbeiter und Studenten können wir ein positives Fazit ziehen. Beginnend mit dem entscheidenden Hinweis für das Aufspüren der Angreifer bis hin zur Geduld und dem aktiven Mitwirken bei der Umsetzung teils auch unbequemer IT-Sicherheitsmaßnahmen spüren wir viel Rückenwind.

1 Universitätsrechenzentrum, Bernhard-von-Cotta-Straße 1

2 Stabsstelle Informationssicherheit, Akademie-str. 6

Das neue „Freiberg Center for Circular Economy“ (FCCE) an der TU Bergakademie Freiberg

Doris Geburek, Simon Glöser-Chahoud, Gari Walkowitz

Immer noch basiert die heutige Weltwirtschaft weitgehend auf einem linearen Wirtschaftsansatz, der sich auf die Nutzung kostengünstiger natürlicher und finanzieller Ressourcen unter Erzielung von Skaleneffekten durch Massenherstellung konzentriert. Aufgrund natürlicher Knappheit, geopolitischer Konflikte, steigendem Wettbewerb um den Rohstoffzugang, sich ändernder Klimabedingungen und stärkerer Nachhaltigkeitspräferenzen unterschiedlicher Interessengruppen steht der unbegrenzte globale Zugang zu natürlichen Ressourcen jedoch zunehmend in Frage. Umfangreiche gesellschaftliche Anstrengungen und wirtschaftsstrukturelle Änderungen sind erforderlich, um globale Produktions- und Konsumsysteme hin zu einer nachhaltigen „Kreislaufwirtschaft“ zu transformieren, in der Ressourceneffizienz priorisiert wird und der Wert von Materialien und Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus erhalten bleibt.

Die TU Bergakademie Freiberg weist eine ausgesprochen lange akademische Tradition im Hinblick auf kreislaufwirtschaftliche Systeme auf. An der ältesten

montanwissenschaftlichen Universität spielen die Verwertung und Wiederverwertung sowie der nachhaltige Umgang mit Rohstoffen seit ihrer Gründung 1765 eine tragende Rolle. Mittlerweile verfügt die TU Bergakademie Freiberg über eine einzigartige wissenschaftliche Expertise, die alle technologischen Aspekte einer Kreislaufwirtschaft abbildet. Darüber hinaus zeigt sich an der Universität auch eine breite Vielfalt an Aktivitäten im Bereich der Recycling-Technologieentwicklung, welche sich dem Recycling zahlreicher Technologiemetalle und Mineralien über chemisches Recycling von Kunststoffen bis hin zur chemischen Synthese auf Basis von unterschiedlichen Kohlenstoffquellen und grünem Wasserstoff widmet. Mit absoluter Spitzenforschung in diesen Bereichen konnten zahlreiche Forschungsprojekte und Drittmittel für die Universität eingeworben werden.

Um die akademischen Aktivitäten im Bereich der Kreislaufwirtschaft an der TU Bergakademie Freiberg zusammenzufassen, zu steuern, zu koordinieren und zu kommunizieren wurde auf Impuls des SMWK und des Prorektorats

Forschung 2022 das „Freiberg Center for Circular Economy“ (FCCE) als ein interdisziplinäres Zentrum der Universität gegründet. Unter einem gemeinsamen Dach sollen darin die zahlreichen an der Universität vorhandenen Kompetenzen und Forschungstätigkeiten im Bereich der Kreislaufwirtschaft gebündelt und zur internen Vernetzung und Außendarstellung genutzt werden. So soll in Zukunft der Weg für neue inter- und transdisziplinäre Forschungsprojekte, Forschungspartnerschaften und Netzwerke geebnet werden.



Abb. 1: Logo des FCCE

Mit Prof. Simon Glöser-Chahoud und Prof. Gari Walkowitz bilden zwei neue Gesichter an der TU Bergakade-

mie Freiberg das Planungs- und Steuerungsteam rund um das FCCE.

Simon Glöser-Chahoud ist mit seiner Professur für Corporate Sustainability and Environmental Management Experte für kreislaufwirtschaftliche Konzepte und die Nutzung und Integration regenerativer Energie- und Rohstoffquellen. Darüber hinaus forscht und lehrt er auch zu klassischen Themen des Umweltmanagements wie der Erfassung und Reduktion von Emissionen entlang der Wertschöpfungskette und über den gesamten Produktlebenszyklus bis hin zur Abfallverwertung und Aufbereitung.

Gari Walkowitz deckt mit seinem Schwerpunkt der Verhaltens- und Wirtschaftsethik einen weiteren, oft zu Unrecht vernachlässigten Aspekt der Kreislaufwirtschaft ab. Auf dem Gebiet der Kreislaufwirtschaft können verhaltensökonomische Aspekte in mehreren Bereichen eine wichtige Rolle spielen und die erfolgreiche Umsetzung von Kreislaufwirtschaftssystemen entscheidend beeinflussen. Die Verhaltensethik ist ein Zweig der Wirtschaftswissenschaften, der Erkenntnisse aus der Philosophie, Psychologie und der Ökonomie kombiniert um besser zu verstehen, wie Menschen Entscheidungen treffen und wie ihr Verhalten dabei von Anreizen beeinflusst wird und systematisch von klassischen Wirtschaftsmodellen und normativen ethischen Überlegungen abweichen kann. Durch die Berücksichtigung dieser Verhaltensaspekte können politische Entscheidungsträger, Unternehmen und andere Interessengruppen wirksamere Strategien zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und nachhaltiger Praktiken entwickeln.

Dieser Ansatz deckt sich auch mit den Forderungen des Freistaats Sachsens, formuliert in seiner Rohstoffstrategie. Die Gesellschaft soll hier Sekundärrohstoffwirtschaft als Teil der Rohstoffwirtschaft und als Teil der Lösung von Umwelt- und Klimaschutzziele stärker wahrnehmen und wertschätzen. Zudem soll eine bessere Akzeptanz von Sekundärrohstoffen und Recyclingprodukten am Markt erreicht werden. Neben der bereits erwähnten technischen und technologischen Expertise kann die TU BAF eben auch in genau diesen wichtigen Feldern wegweisende Begleitforschung durch ihre sozialwissenschaftlichen Kapazitäten leisten. Von elementarer Bedeutung für

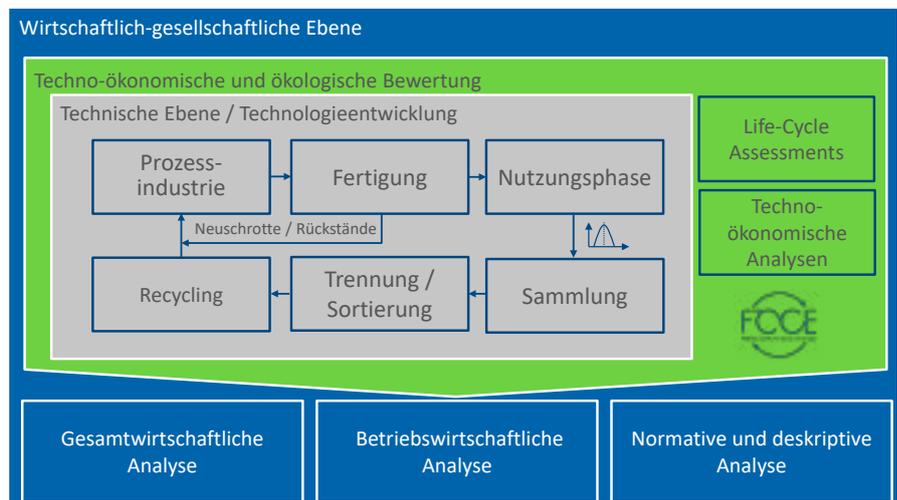


Abb. 2: Die inhaltlichen Schwerpunkte des FCCE

den ganzheitlichen Blick auf die Kreislaufwirtschaft ist die Einbettung der technischen Aspekte in einen ökonomischen und gesellschaftlichen Betrachtungsrahmen.

Der Fokus des FCCE liegt inhaltlich deshalb, wie in Abbildung 2 illustriert, auf drei Schwerpunkten. Erstens: Technik und Ökologie (hauptsächlich verankert in der Fakultät für Chemie und Physik, der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Energietechnik und der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie). Dieser Bereich steht für die Kernkompetenzen der TU Bergakademie Freiberg bezüglich technischer und nachhaltiger Innovationen im Bereich der Kreislaufwirtschaft. Der Fokus liegt hier unter anderem auf den Themen Demontage und Wiederaufarbeitung, Abfallbehandlung, Trennung, Sortierung, Recycling, Urban Mining und Deponierückbau, biobasierte Chemikalien, grüner Wasserstoff und chemische Synthese. Zweitens: Ökonomie (primär in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften verankert). Dieser Bereich konzentriert sich auf eine Analyse der ökonomischen Randbedingungen einer Kreislaufwirtschaft. Themen wie nachhaltige Wertschöpfungsketten, Geschäftsmodelle und Kooperationsformen, die Analyse von Risiken und Innovationsprozessen im Kontext von Lieferketten und Märkten, die unternehmensübergreifende Koordination logistischer Prozesse, Ökonomie des Klimawandels, Analyse von Energiesystemen, Gestaltung von Institutionen und Anreizen (z. B. Steuern, Subventionen, Strafen) oder auch internationale

Ressourcenpolitik bilden hier Schwerpunkte. Drittens: Gesellschaft (primär in der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik und in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften verankert). In diesem Bereich werden die gesellschaftlichen und normativen Rahmenbedingungen einer Kreislaufwirtschaft reflektiert. Schwerpunkte sind hier gesellschaftliches Bewusstsein, rechtliche Rahmenbedingungen und Regulierung, Technikfolgenabschätzung, Akzeptanz und Widerstand gegen neue Technik, historische Einbettung, ethische Kompromisse, ethische Gestaltung von Institutionen, Generationengerechtigkeit, psychologische Grundlagen ethischer und ökonomischer Entscheidungsfindung.

Hervorzuheben ist auch eine zunehmend konsequente Fokussierung auf das Thema Kreislaufwirtschaft im Lehrangebot der Universität. Das FCCE bietet auch hier eine wichtige Plattform, über die einerseits das bereits bestehende thematisch relevante Lehrangebot gebündelt und vorgestellt, als auch gemeinsam mit den Netzwerkpartner*innen fakultätsübergreifend an neuen Lehrangeboten gearbeitet wird.

Für die Zukunft gilt es, die angestrebten Aktivitäten rund um das FCCE weiter zu verfestigen und die Netzwerkarbeit intern und extern zu verstetigen und konstant zu erweitern. Über die hier aufgezeigten Aktivitäten hinaus soll nun eine strategische Forschungsinitiative „Kreislaufwirtschaft“ an der TU BAF in Kooperation mit den regionalen, nationalen und internationalen Netzwerkpartnern des FCCE aufgebaut werden.

Wichtigstes strategisches Vorhaben ist die gemeinsame Einwerbung von Forschungsgeldern im Rahmen von nationalen und europäischen Projektförderungen. Außerdem wird die Einrichtung eines Forschungsverbunds und die erfolgreiche Beantragung einer ESF-Förderung angestrebt. In Kooperation mit anderen sächsischen Universitäten soll zudem die Bewerbung auf die

Einrichtung eines Zukunftsclusters des BMBF diskutiert werden.

Mit mittlerweile über 20 beteiligten Professuren, Instituten und Arbeitsgruppen, die thematisch das volle Spektrum des Kreislaufwirtschaftssystems bearbeiten, ist das FCCE auf dem besten Wege, die einzigartige Kombination von Kompetenzen an der TU Bergakademie Freiberg im Bereich der Kreislaufwirt-

schaft auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene zu präsentieren und vertreten. Unterstützt wird dies durch eine ansprechende Webpräsenz und begleitende Social-Media-Aktivitäten.

Kontakt:

fcce@tu-freiberg.de,

<https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/fcce/>

4transfer – für eine Wissenschaft die Wirkung schafft

Stephan Meschke¹, Anja Solf-Hofbauer

Die Wissenschaft als Wiege von Innovationen

Seit 1. Januar 2023 darf die TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) gemeinsam mit 54 weiteren deutschen Hochschulen das Prädikat „Innovative Hochschule“ führen. Die Vergabe eines solchen Prädikats mag verwundern, gelten Hochschulen, insbesondere Universitäten, doch als Ursprung bahnbrechender Entwicklungen. Dass Hochschulen damit nicht mehr per se als innovativ eingestuft sind, hat vielfältige Gründe und ist Ausdruck der Transformation der Hochschullandschaft.

Der Begriff der Innovation kennt viele Auslegungen und weckt unterschiedliche Assoziationen. Die wortwörtliche Ableitung „Neuerung“ lässt darauf schließen, dass zeitgemäße Forschung und Lehre bereits als innovativ gelten. Doch reicht das aus? Tatsächlich beschreibt der Begriff „Innovation“ mehr als die Entwicklung einer Neuerung, nämlich die Einführung neuer Ideen, Produkte, Prozesse, Dienstleistungen oder Technologien, die einen signifikanten Fortschritt, eine Verbesserung oder einen Wandel in einem bestimmten Bereich oder einer Gesellschaft insgesamt bewirken können. Egal ob Innovation als Produkt oder Prozess verstanden wird, ob sie inkrementeller oder radikaler Natur ist, unabhängig von Adressaten und etwaigem betriebswirtschaftlichen Nutzen – eine Innovation muss wirken, um als solche zu gelten.

Den sächsischen Bürgerinnen und Bürgern nützt die gigantische Forschungsdichte und das hohe Drittmittelaufkommen des Freistaats nichts, wenn der Umsatzanteil von Marktneuheiten in den Unternehmen auf niedrigem Niveau stagniert und parallel immer

weniger Start-ups aus der Wissenschaft ausgründen (SMWA, 2020). Das bundesweite Investment von mehr als 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts in Forschung und Entwicklung (Destatis, 2023) muss zwingend eine Innovationskraft entfesseln, welche das Fundament für die künftigen Generationen bereiten kann und so das gesellschaftliche und politische System stabilisiert (Breitinger et al., 2021).

Die Aufgabe, wissenschaftliche Erkenntnisse auf dem Weg hin zu Innovationen zu begleiten, schreibt der Gesetzgeber dem Wissens- und Technologietransfer zu. Dafür gründet der Staat nicht nur Agenturen wie die für Sprunginnovation (SPRIND, 2019) oder für Transfer und Innovation (DATI, 2023), sondern stärkt maßgeblich den Transfer- und Gründungsbereich innerhalb der Hochschulen. Die Hightech-Strategie 2025 der Bundesregierung fasst die Anforderungen an den Transfer und die Innovationsfähigkeit im wissenschaftlichen Kontext treffend zusammen: „Für den Wirtschaftsstandort Deutschland wird es entscheidend sein, den Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in hochwertige Produkte und Verfahren zu verbessern. Denn auf diese Weise können wir die Innovationsbasis verbreitern sowie die Chance auf radikal neue, innovative Produkte und Dienstleistungen erhöhen. Die Gründungsdynamik und die Innovatorenquote – also den Anteil der Unternehmen, die innerhalb der letzten drei Jahre neue Produkte oder neue Prozesse eingeführt haben – müssen wir wieder deutlich steigern. Der Weg dorthin ist der Aufbruch in eine offenere Innovations- und Wagniskultur: Mit einem erweiterten Innovations-

verständnis von technologischen und sozialen Innovationen, mit neuen, kreativen Wegen der Zusammenarbeit in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Mit neuen Akteuren, die in das Innovationsgeschehen einbezogen werden. Mit frühzeitigen Diskursen über die Veränderungen. Und mit mehr Mut zum Risiko – zum Wohl der Menschen und der Umwelt!“ (BMBF, 2018, S. 10)

„Innovative Hochschule“ ermöglicht 4transfer-Verbund

In diesen Bestrebungen reiht sich das Förderprogramm „Innovative Hochschule“ ein. Es unterstützt gezielt Hochschulen dabei, ihren Wissens- und Technologietransfer hinein in die Wirtschaft und Gesellschaft zu stärken und strategisch und strukturell besser aufzustellen, sowohl durch die Erweiterung ihrer Transferleistungen als auch durch die Erprobung neuartiger Transferinstrumente und -methoden. Zusammen mit den Partnern Berufsakademie Sachsen, Hochschule Meißen und Landesverband der Kultur- und Kreativwirtschaft Sachsen e. V. ist die TUBAF Teil des neuartigen Innovationsverbunds „4transfer“, welcher vorerst bis Ende 2027 die sächsische Transferlandschaft erweitert. Für die insgesamt fünf Jahre stehen den Hochschulen rund 15 Mio. Euro zur Verfügung, davon 7,5 Mio. Euro für den Ausbau der Transferstrukturen und -instrumente der TUBAF.

Die Zentrale Transferstelle der TUBAF kann ihr Leistungsportfolio so deutlich erweitern und unterstützt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität dabei, ihre Forschung in die praktische Umsetzung zu bringen. Das Leistungsportfolio umfasst unter

anderem die Beratung zu Fördermöglichkeiten, die gemeinsame Entwicklung von Projekten, die Verknüpfung mit Partnern aus der Wirtschaft, die Bewertung des Transferpotenzials von Erfindungen mit niedrigem Innovationsreifeegrad sowie die Begleitung von Patentierungsprozessen von der Erfindungsmeldung bis zur Verwertung. Elf neue 4transfer-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verstärken seit diesem Jahr das Team der TUBAF – sowohl in der Zentralen Transferstelle in Freiberg als auch im 4transferLab in Dresden.

Nicht nur große Konzerne, sondern vor allem auch kleine und mittlere Unternehmen aus der Region werden durch die Zentrale Transferstelle der TUBAF aktiv angesprochen und mit den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen der Universität verknüpft. Über das neue Transferformat „Cooperate!“ können die Bedarfe der Industrie zukünftig direkt in den Werkshallen erfasst und Lösungsmöglichkeiten aus vielen Blickwinkeln analysiert werden. Beispielsweise bedingt die Automatisierung der Schwerindustrie nicht nur die Einbindung von Robotersystemen, sondern auch die Akzeptanz unter den Arbeitnehmern, die finanzielle Förderung durch die Verwaltung sowie die entsprechende Vermarktung. Zur Marktvalidierung früher Forschungsergebnisse können sowohl Studierende im Format „Exploit!“ eingebunden werden als auch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen über den bereits mit SAXEED umgesetzten TUBAF Innovation Fonds (TIF). Für die schnelle Übertragung von Erkenntnissen in reale Testumgebungen entsteht ein „Real-labor Service“. Dieser berät bei der Entwicklung von Forschungs- und Testumgebungen, in welchen neue Ansätze und Technologien in realer Umgebung erprobt werden sollen.

Ausgehend von ihrem Profil fühlt sich die TUBAF besonders der Schärfung des Bewusstseins für eine nachhaltigkeitsorientierte Ressourcennutzung verpflichtet. Nicht nur Wissen wird vermittelt, sondern auch Werte wie Offenheit für neue Technologien, Fehlerkultur, wissenschaftlich gestützter Diskurs und Austausch mit Menschen unterschiedlicher Prägung. 4transfer räumt dem Wissens- und Technologietransfer in die Gesellschaft einen großen Stellenwert ein. Wissenschaft lebt auch von der Akzeptanz der Gesell-

schaft außerhalb der Wissenschaftscommunity. Neuerungen werden erst dann zu Innovationen, wenn sie genutzt werden und ihnen eine gesellschaftliche Bedeutung zukommt. 4transfer schafft Formate und Möglichkeiten, um Forschungsthemen verständlich und erlebbar zu machen, stärkt den Austausch und den Diskurs für eine faire und faktenbasierte Diskussionskultur: der 4transfer „Science Sprinter“ bringt Forschungsthemen zum Anfassen auf sächsische Marktplätze, Schulhöfe und Festplätze. Außerdem erprobt der Verbund neue Formen der Wissenskommunikation, welche Wissenschaft und Technik mit Kreativität und Kunst verknüpft, um Forschung verständlich und erlebbar zu machen. Neben der Erstellung von Prototypen außerhalb naheliegender Anwendungen, soll die Wissenschaft so greifbarer für die Gesellschaft werden und mehr junge Menschen für MINT begeistern.

4 Partner – regional verbunden und innovativ vernetzt

Die Zentrale Transferstelle greift in 4transfer auf ein einzigartiges Netzwerk von Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft zurück. Damit neue Technologien und Anwendungen schnell einsatzbereit sind, müssen eben diese Bereiche eng zusammenarbeiten. 4transfer bringt Stellvertreter aus allen vier Bereichen als gleichberechtigte Partner an einen Tisch und führt ihre Kompetenzen zusammen: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

entdecken und erforschen neue Ideen und Ansätze um aktuellen Herausforderungen wie der Energiewende und Ressourcenknappheit zu begegnen. Zur Erfassung der konkreten Herausforderungen und zur Anwendung neuer Ideen ist die Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen entscheidend. Erst wenn die Neuerungen von Unternehmen zum Beispiel in konkreten Produkten oder Herstellungsverfahren umgesetzt werden, können sie ihren Weg in die Gesellschaft finden. Dazu müssen sie wiederum den behördlichen und politischen Richtlinien entsprechen.

Die vier Partner im 4transfer-Innovationsverbund repräsentieren exemplarisch jeweils einen der vier Bereiche. Die Berufsakademie Sachsen, jetzt ebenfalls als „Innovative Hochschule“ qualifiziert, ist dank ihrer beispiellosen Praxisnähe bestens mit den Bedarfen der Wirtschaft vertraut. Ihre dual Studierenden arbeiten parallel zur akademischen Ausbildung in über 7.000 Partnerunternehmen und -institutionen. Konkrete Problemstellungen zu identifizieren, Anwendungsszenarien zu erkunden und den Partnern zu spiegeln, sind zentrale Aufgaben der Berufsakademie innerhalb von 4transfer.

Für die Gestaltung von Verwaltungsabläufen in den Transferprozessen ist die Hochschule Meißen zuständig. Sie bringt als Partnerin im Verbund ihr einzigartiges administratives sowie rechtswissenschaftliches Wissen ein und ermöglicht Zugang zu Vertretern der Politik und zu Abteilungen der Kommunal-, Regional- und Landesver-



4transfer lotet innovative Formate der Zusammenarbeit aus

waltung. Sie will künftig neue Technologien schneller in die Anwendung bringen und unter lebensnahen Bedingungen in so genannten Reallaboren austesten lassen.

Die Schnittstelle zur Gesellschaft bildet der Landesverband der Kultur- und Kreativwirtschaft im 4transfer-Verbund. Er sorgt für die nutzer- und kundenorientierte Gestaltung von Innovationsprozessen und eröffnet Kreativräume, um Probleme neu zu denken und originelle sowie nützliche Ideen zu entwickeln. Mit kreativen Kommunikationskonzepten soll es 4transfer außerdem gelingen, den Dialog mit der Gesellschaft zu gestalten, um Verständnis zu schaffen und die Akzeptanz neuer Technologien zu erhöhen.

Chancenreicher Ausblick

Die drängenden Fragen unserer Zeit, welche mehr denn je durch Wandel und Anpassungsfähigkeit geprägt sind, bedürfen zu ihrer Beantwortung über-

setzter und akzeptierter Wissenschaftserkenntnisse, welche sich als Innovationen niederschlagen. Unabhängig von der Frage, ob ein Innovationspeak mit Erfindungen wie Elektrizität, Penicillin oder dem Automobil bereits überschritten wurde (de la Vera & Ramge, 2021), wird sich die Hochschullandschaft weiter transformieren.

4transfer hilft, Innovationen zu generieren und unterstützt damit Wissenschaft, die Wirkung schafft. Der Schlüssel zum Erfolg liegt dabei im beschriebenen Quadruple-Helix-Ansatz – vier Partner, die stellvertretend für die vier Bereiche Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft stehen. Diese Symbiose wurde in Deutschland noch nie umfassend getestet. Der TU-BAF und ihren Partnern bietet sich die wunderbare Chance, einen bedeutenden Innovationsbeitrag aus Sachsen zu leisten und bundesweit sichtbar zu werden. Im Mindestfall werden die Transferstrukturen im Verbund für

die nächsten Jahre gestärkt. Im idealen Fall, für welchen 4transfer angetreten ist, erlangt der Innovationsverbund überregionale Vorbildfunktion für die Innovationskooperation der Zukunft.

1 Zentrale Transferstelle / 4transfer, Prüferstraße 1a, 09599 Freiberg, transfer@tu-freiberg.de

Quellen:

BMBF (2018). Forschung und Innovation für die Menschen. Die Hightech-Strategie 2025. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Breitinger, J. C., Edler, J., Jackwerth-Rice, T., Lindner, R., Schraad-Tischler, D. (2021). Good-Practice-Beispiele für missionsorientierte Innovationsstrategien und ihre Umsetzung, Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

de la Vera, R. L. & Ramge, T. (2021). Sprunginnovation. Wie wir mit Wissenschaft und Technik die Welt wieder in Balance bekommen. Berlin: Ullstein Buchverlage GmbH.

DESTATIS (2023). https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_089_218.html, Abruf am 27.07.2023.

SMWA. 2020. Innovationsstrategie des Freistaates Sachsen. Dresden: Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Gründungsmonitor 2023

Marcus Gast¹, Karina Sopp²

Die Gründungsabsicht von Studierenden ist ein Indikator für die zukünftige Entwicklung des Gründungsgeschehens in Deutschland. Unternehmensgründungen bieten nicht nur die Chance, innovative Ideen umzusetzen, sondern auch persönliche und finanzielle Unabhängigkeit

zu erlangen. Gleichzeitig sind Unternehmensgründungen ein zentrales Element einer dynamischen Volkswirtschaft. Die Zahl der Unternehmensgründungen ist in Deutschland in den letzten Jahren jedoch stark zurückgegangen. Wurden laut Statistischem Bundesamt im Jahr 2004 noch 176

Tsd. Existenzgründungen gezählt, waren es im Jahr 2022 nur noch 115 Tsd.³ Dies kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden, wie z. B. die unsichere Situation in Bezug auf die Corona-Pandemie.⁴ Der Gründungsprozess erfordert neben einer sorgfältigen Planung auch ein gewisses Maß an Wissen und Neugier, um die eigenen Ideen in die Tat umzusetzen. Die Entscheidung, ein Unternehmen zu gründen, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, die in zahlreichen Studien untersucht wurden.⁵ Persönlichkeitsmerkmale wie Kreativität⁶, Motivation⁷ und Intention⁸ haben sich als besonders gute Prädiktoren für die Gründungsneigung erwiesen. Aber auch das soziale Umfeld, Peergroups und Netzwerke spielen eine wichtige Rolle.⁹

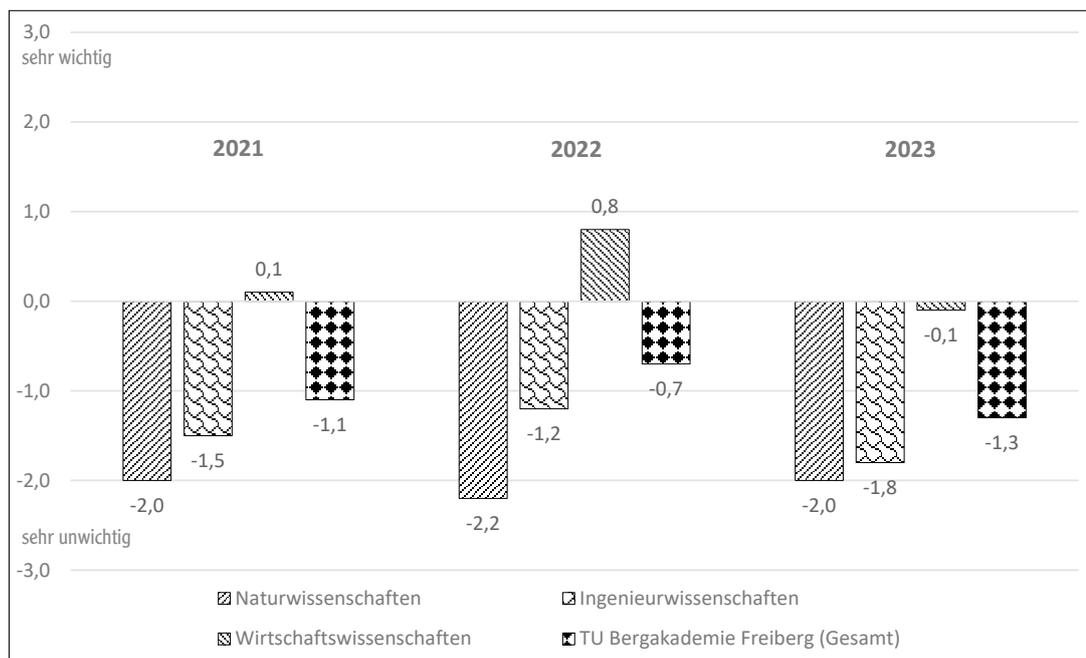


Abb. 1: „Welche Rolle spielt Entrepreneurship in Ihrem Studium?“

Methodik und Datenerhebung

Mittels Befragungen erhebt die Professur für Entrepreneurship und betriebswirtschaftliche Steuerlehre in regelmäßigen Abständen Einschätzungen zur Gründungsneigung (unternehmerische Intention) von Studierenden an der TU Bergakademie Freiberg.¹⁰ Eine erste Erhebung des „Gründungsmonitors“ auf Basis der Individual Entrepreneurial Intent Scale von Thompson wurde im Jahr 2020 durchgeführt.¹¹ Die Skala von Thompson umfasst zehn Items und ist von den Teilnehmenden mit einer siebenstufigen Likert-Skala in Form einer Online-Befragung zu beantworten.¹²

Zum Zeitpunkt¹³ der Befragung im Jahr 2023 waren ca. 3.500 Studierende an der TU Bergakademie Freiberg immatrikuliert: Das sind ca. 500 Studierende weniger als zum Zeitpunkt der ersten Befragung.¹⁴ Im Jahr 2023 nahmen 99 Studierende an der Befragung teil. Das entspricht ca. 2,85 % der Studierenden.¹⁵ Die Befragten wurden – wie in der ersten Erhebung – nach ihrer Fakultätszugehörigkeit in drei Fächergruppen eingeteilt: „Naturwissenschaften“¹⁶, „Ingenieurwissenschaften“¹⁷ oder „Wirt-

schaftswissenschaften“¹⁸.

Auswertung

Eine zentrale Frage ist, welche Rolle das Thema **Entrepreneurship im Studium** spielt. Bei dieser Frage konnten die Studierenden auf einer siebenstufigen Likert-Skala u.a. zwischen den Optionen „sehr wichtig (3)“, „neutral (0)“ und „sehr unwichtig (-3)“ wählen.

Die Auswertung zeigt, dass insbesondere Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften dem Thema Entrepreneurship keine wichtige Rolle im Studium beimessen (durchschnittlich gewählte Antwortmöglichkeit: „unwichtig (-2)“). Studierende der Wirtschaftswissenschaften bewerten die Rolle von Entrepreneurship im Studium eher neutral (0) bis weniger wichtig (1). Dies kann zum einen auf ein mangelndes Interesse der Studierenden an Unternehmensgründungen zurückgeführt werden, zum anderen aber auch auf ein unzureichend wahrgenommenes Angebot in den einzelnen Studiengängen.

Die Gründungsneigung der Studierenden bleibt auch nach der Corona-Pandemie auf einem niedrigen Niveau. Die maximale

Ausprägung der Gründungsneigung (5) wird von keinem Studierenden erreicht, die minimale Ausprägung (0) hingegen von 3 Studierenden. Insgesamt hat sich die Gründungsneigung von einem Wert von 1,55 im Jahr 2020 auf 1,59 im Jahr 2023 kontinuierlich nach oben entwickelt. Dies weist darauf hin, dass trotz der umfassenden, aber fakultativen, Angebote des Gründernetzwerks SAXEED und des Lehrstuhls für Entrepreneurship die tatsächliche Rolle von Entrepreneurship im Studium und die Gründungsneigung der Studierenden nicht besonders hoch ist. Die Gründungsneigung kann weiterhin nach Geschlecht differenziert werden. Männliche Studierende weisen über alle Fächergruppen hinweg eine etwas höhere Gründungsneigung auf als weibliche Studierende derselben Fächergruppen. Im Beispiel erreichen männliche Studierende der Wirtschaftswissenschaften im Jahr 2023 einen Wert von 2,72 und damit erstmals einen Wert in der oberen Hälfte der Skala. Die weiblichen Studierenden erreichen lediglich einen Wert von 1,55.

Der Bekanntheitsgrad des Gründernetzwerks SAXEED an der TU Bergakademie Freiberg ist nach der Corona-Pandemie wieder auf das Niveau aus dem Jahr 2020 gestiegen. Im Jahr 2020 war das Gründernetzwerk 77,4 % der Studierenden bekannt, in den Jahren der Pandemie (2021) sank dieser Wert auf 71,85 %. Im Jahr 2023 gaben 81,25 % der Studierenden an, das Gründernetzwerk SAXEED zu kennen.

Fazit

Die Gründungsneigung der Studierenden zeigt, dass es weiterer Anstrengungen bedarf, um die Studierenden aller Fächergruppen stärker für das Thema Entrepreneurship zu sensibilisieren und die Rolle des Themenfelds in den Curricula weiter zu fokussieren. Die Steigerung des Bekanntheitsgrads der Gründerinitiative SAXEED oder weiterer universitärer Engagements zur Steigerung der Gründungen – wie des Gründerinnenprogramms FOUNDress – kann ein wichtiger Schritt sein, um die Gründungsneigung der Studierenden weiter zu erhöhen. Denn es besteht ein breit gefächertes Angebot zur Sensibilisierung für und Förderung von Gründungen – wie zum Beispiel Workshops, vorlesungsbegleitende gründungsspezifische Lehrinhalte oder Unternehmensplanspiele – an der TU Bergakademie Freiberg.

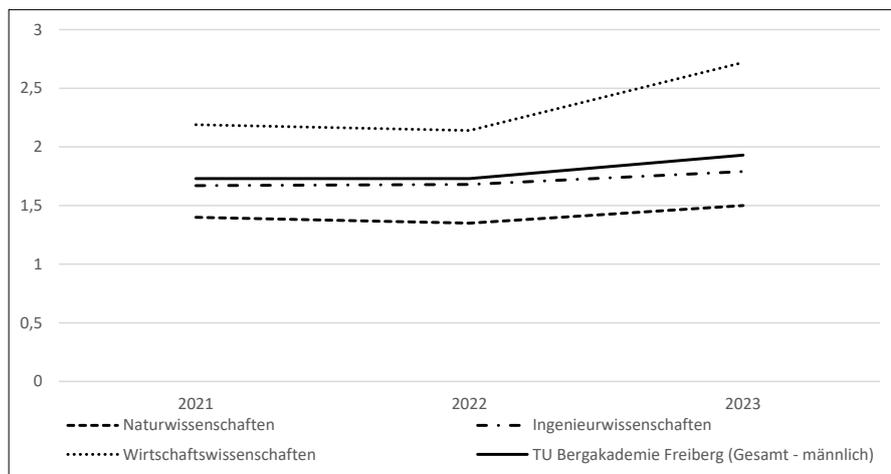


Abb. 2: Gründungsneigung von männlichen Studierenden an der TU Bergakademie Freiberg¹⁹

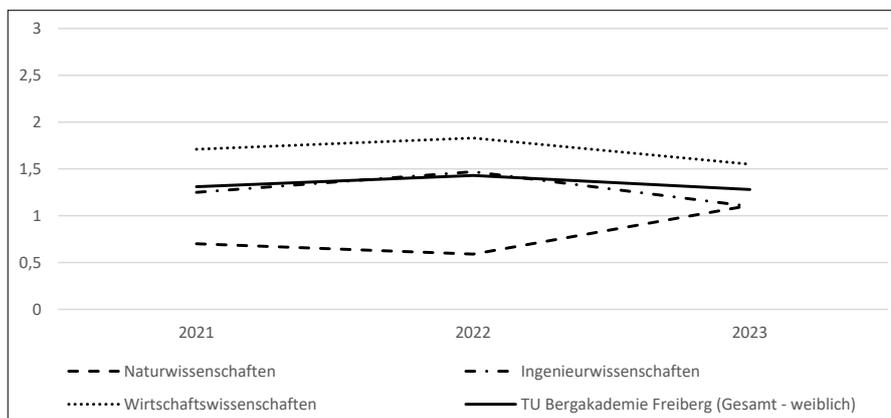


Abb. 3: Gründungsneigung von weiblichen Studierenden an der TU Bergakademie Freiberg²⁰

- 1 Marcus Gast, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Entrepreneurship und betriebswirtschaftliche Steuerlehre der TU Bergakademie Freiberg.
- 2 Prof. Dr. Karina Sopp, Inhaberin der Professur für Entrepreneurship und betriebswirtschaftliche Steuerlehre der TU Bergakademie Freiberg.
- 3 Vgl. Statistisches Bundesamt (2023).
- 4 Vgl. HDI Berufe-Studie (2023).
- 5 Vgl. z. B. Kraus et al. (2020); Hering et al. (2018); Schauburger et al. (2018).
- 6 Vgl. Goebel (1991).
- 7 Vgl. Jacobson (2006).
- 8 Vgl. Jacobson (2006).
- 9 Vgl. z. B. Nanda/Sørensen (2010); Djankov et al. (2006); Stuart/Ding (2006).
- 10 Vgl. Gast/Sopp (2021).
- 11 Vgl. Thompson (2009).
- 12 Beispielitems lauten „(Wenn Sie an sich selbst denken, wie wahr oder unwahr ist es, dass Sie...) beabsichtigen, in Zukunft ein Unternehmen zu gründen“ oder „...Zeit damit verbringen, etwas über die Gründung eines Unternehmens zu lernen“; siehe dazu weiterführend Biehl/Gast (2023).
- 13 Die Befragung erfolgt in allen Erhebungen in denselben Kalendermonaten.
- 14 2020 wurden 4.000 Studierende gezählt; vgl. TU Bergakademie Freiberg (2023).
- 15 2020: 108 (2,7 %); 2021: 107 (2,9 %); 2022: 107 (2,9 %).
- 16 Fakultät 1 und 2: 2020: 18,5 %; 2021: 20,5 %; 2022: 18,7 %; 2023: 15,1 % der teilnehmenden Studierenden.
- 17 Fakultät 3, 4 und 5: 2020: 50 %; 2021: 49,5 %; 2022: 47,7 %; 2023: 54,6 % der teilnehmenden

- Studierenden.
- 18 Fakultät 6: 2020: 31,5 %; 2021: 30 %; 2022: 33,6 %; 2023: 30,3 % der teilnehmenden Studierenden.
- 19 Skala auf den Wert von 3 begrenzt; Maximum bei 5.

Literatur

- Kraus, S./Furtner, M./Berchtold, J./Schleich, M. (2020), Individuelle unternehmerische Orientierung und Mitarbeitererfolg: Der moderierende Effekt der Big Five-Persönlichkeitsmerkmale, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (BfuP), 72. Jg., Nr. 1, S. 85-107.
- Hering, T./Vincenti, A./ Gerbaulet, D. (2018), Unternehmensgründung, Auflage 2, De Gruyter Oldenbourg.
- Schauburger, M./Weimar, D./Prinz, J. (2018): Die Mischung macht den Unterschied: Heterogenität sozialer Netzwerke und der Einfluss auf individuelle Gründungsintention, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (BfuP), 70., Jg., Nr. 5, S. 579-599.
- Gast, M. /Sopp, K. (2021): Gründungsmonitor 2020, in Acamonta - Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg, 28. Jg., S. 94-95.
- Goebel, P. (1991): Kreativität und kreative Persönlichkeiten - eine Untersuchung über erfolgreiche Unternehmensgründer, in: Zeitschrift für Psychosomatische Medizin und Psychoanalyse, 37. Jg., Nr. 2, S. 146-156
- Jacobson L. K. (2006): Erfolgsfaktoren bei der Unternehmensgründung, Dissertation, Deutscher Universitäts-Verlag.
- Nanda, R./Sørensen, J. B. (2010): Workplace Peers and Entrepreneurship, in: Management

Science, 56. Jg., Nr. 7, S. 1116-1126.

Djankov, S./Qian, Y./Roland, G./Zhuravskaya, E. (2006): Who Are China's Entrepreneurs?, in: American Economic Review, 96. Jg., Nr. 2, S. 348-352.

Stuart, T. E./Ding, W. W. (2006): When Do Scientists Become Entrepreneurs? The Social Structural Antecedents of Commercial Activity in the Academic Life Sciences, in: American Journal of Sociology, 112. Jg., Nr. 1, S. 97-144.

Thompson, E. R. (2009): Individual Entrepreneurial Intent: Construct Clarification and Development of an Internationally Reliable Metric, Entrepreneurship Theory and Practice, 33. Jg., Nr. 3, S. 669-694.

Biehl, J./Gast, M. (2023): Ganz der Papa! - Wie Eltern unternehmerische Intentionen beeinflussen - und welche Rolle die Beziehungsqualität dabei spielt, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (BfuP), 75. Jg., Nr. 2, S. 219-235.

TU Bergakademie Freiberg (2023): Kennzahlen und Rankings, <https://tu-freiberg.de/universitaet/profil-und-geschichte/rankings-und-zahlen/>; Abruf am 28.06.2023

HDI Berufe-Studie (2023): Jeder dritte Unternehmensgründer gibt wegen Corona-Krise seine Pläne auf, <https://www.berufe-studie.de/selbststaendige-corona.html>; Abruf am 28.06.2023

Statistisches Bundesamt (2023): Pressemitteilung Nr. 061 vom 15. Februar 2023, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_061_52.html#:~:text=WIESBADEN%20-%20Im%20Jahr%202022%20wurden,größere%20wirtschaftliche%20Bedeutung%20schließen%20lassen; Abruf am 28.06.2023.

SAMSax – Nachhaltige additive Fertigung in Sachsen

Lisa Kühnel, Adelina Heinz, Dominik Dürigen, Henning Zeidler

Das simul⁺ Modellprojekt Sustainable Additive Manufacturing in Saxony (dt. Nachhaltige additive Fertigung in Sachsen), kurz **SAMSax**, hat das Ziel, eine nachhaltige und ökologische Wende in der sächsischen Industrie zu ermöglichen. Das Reallabor setzt auf die Wiederverwertung von biobasierten, natürlichen sowie industriellen Reststoffen und Nebenprodukten.

Durch den Einsatz der additiven Fertigung werden diese Stoffe entweder zu neuen Anwendungen verarbeitet oder bestehende Prozesse durch neuartige und innovative Materialien ersetzt. Bisher werden bei den, auch umgangssprachlich als „3D-Druck“ bezeichneten Verfahren vor allem spezielle Kunststoffe und -harze, Metalle sowie Keramiken verwendet.

Das gemeinsame Pilotprojekt der drei Technischen Universitäten in Sachsen (TU Bergakademie Freiberg als Pro-

jektkoordinator, TU Chemnitz sowie TU Dresden) strebt danach, die Vernetzung und den Wissenstransfer mit Hilfe digitaler Technologien zu ermöglichen und gleichzeitig ein Reallabor zur nachhaltigen additiven Fertigung als physisches Experimentierfeld zu etablieren. Im Fokus des Reallabors liegen dabei Verbindungen von kleinen und mittelständischen Unternehmen sowohl als Quelle/Anbieter für Reststoffe als auch Abnehmer/Anwender der neuen Materialien und Technologien.

Es konnten bereits einige potentielle Reststoffe, ihre Anwendbarkeit für die additive Fertigung sowie für neue Produkte bzw. Anwendungen identifiziert werden. Neben industriellen Reststoffen, wie z. B. Papierstaub, Holzstaub oder recycelte Kunststoffe werden auch industrielle Nebenprodukte, wie Brechsand, Textil- und Agrarreststoffe analysiert, aufbereitet und im SAMSax-Reallabor erprobt. Aufbauend auf diesem



Verbundpartner des SAMSax-Projekts

Wissen können im Reallabor nachhaltige Produkte gefertigt und als Prototypen oder Kleinserien den Anwendern bereitgestellt werden.

Gedruckte Kunst = Kunstdruck?

Unsere erste erfolgreich umgesetzte Anwendung erfolgte in Kooperation mit dem Theater Chemnitz. Für die Oper „Aida“ wurden sechs Säulenkapitelle benötigt. Dabei standen Scans einer



Blick in das SAMSax-Reallabor in Freiberg

gewünschten dreidimensionalen Form bereits zur Verfügung. Eine Umsetzung mit einer traditionellen Fertigung wäre für die detailreichen Kapitelle und in der gewünschten Menge mit einem hohen Aufwand verbunden. Infolgedessen wurde sich für das additive Fertigungsverfahren „Binder Jetting“ entschieden. Binder Jetting (BJT) ist ein „Prozess der additiven Fertigung [...], in dem ein flüssiges Bindemittel gezielt auf Pulvermaterialien aufgebracht wird, damit diese sich verbinden“ [1]. Mit diesem Verfahren ist eine hohe Genauigkeit und zudem eine bemerkenswerte Aufbaurate und damit Druckgeschwindigkeit umsetzbar. Als Pulvermaterial wurde 85 Gew.-% Miscanthus (auch Chinaschilf genannt) und 15 Gew.-% pulverförmiger Polyvinylalkohol als Binder sowie eine wasserbasierte Tinte eingesetzt. Anschließend wurden die gedruckten

Teile bei 60 °C getrocknet und vom überschüssigen Pulver befreit. Die rohen Kapitelle wurden an das Theater Chemnitz übergeben. Diese wurden anschließend durch einen Theaterplastiker in ihren Endzustand gebracht.

Ein ausführliches Interview mit Norbert Richter (Leiter der Theaterwerkstätten) finden Sie auf unserer Homepage <https://samsax.de/gedruckte-kunst-kunstdruck/>. Weitere angelegte Anwendungen liegen im Bereich von individualisierten Produkten, Musikinstrumenten, Verpackungen aller Art sowie Restaurations- und Architekturmodellen. Darüber hinaus steht unsere kostenlose Weiterbildungs- und Kooperationsplattform bereits mit den ersten Kursen zu Reallaboren sowie verschiedensten Verfahren der additiven Fertigung zur Verfügung.

Sie sind herzlich dazu eingeladen,



Gedrucktes Kapitell im „Rohzustand“ (links) und in „Theaterreife“ (rechts)

uns Ihre Reststoffe und anfallende Nebenprodukte bereitzustellen, mit uns gemeinsam neue Anwendungen zu erarbeiten und im Reallabor zu erproben sowie sich auf unserer Weiterbildungsplattform zu informieren bzw. zu vernetzen!



Das Sächsische Staatsministerium für Regionalentwicklung (SMR) unterstützt das Projekt im Rahmen der Zukunftsinitiative simul+.

SACHSEN

Diese Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Kontakt:

Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung, Professur für Additive Fertigung, Agricolastr. 1, 09599 Freiberg

Literatur

[1] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN ISO / ASTM 52900, Additive Fertigung – Grundlagen – Terminologie. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 03/2022. ICS 01.040.25; 25.030.

Erfolgreiche Synergie zwischen TT-Professur und Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS)

Christian Kupsch

Im April 2021 habe ich meine TT-Professur (W1) an der TU Bergakademie Freiberg angetreten. Meine Professur war Teil des Tenure-Track-Programms des Bundes und der Länder und ich startete zunächst alleine. Mit den ersten Projekten und Kooperationen wuchs mein Team jedoch schnell. Damit wuchs auch der Bedarf an Büro- und Laborflächen über unsere ursprünglichen Erwartungen hinaus und es war mir wichtig, den hochqualifizierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in meinem Team die notwendigen Arbeitsbedingungen bieten zu können.

In dieser Situation wurde mir das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS) empfohlen. Da ich mit meinem Team an Mess- und Sensordaten systemen forsche, hatte ich zunächst Bedenken, wie ich mich thematisch in das ZeHS einbringen könnte. Als dann aber der Bedarf an zusätzlichen Räumlichkeiten akut wurde und es an meinem Institut keine entsprechenden Möglichkeiten gab, vermittelte mir der Dekan Prof. Fieback den Kontakt zum Vorstand des ZeHS.

Bei einem ersten Treffen wurde sofort klar, dass die Forschungsthematik des ZeHS weiter gefasst ist, als ich zunächst

dachte und dass ich mit meinem Team im Bereich der Messtechnik und Analytik einen relevanten Beitrag im ZeHS leisten kann. Schon bei diesem ersten Treffen war ich begeistert von der Zielorientierung und Offenheit der Beteiligten am ZeHS. Als Folge dieser vielversprechenden Begegnung entschied ich mich, mit meinem Team ins ZeHS umzuziehen. Dort wurden wir herzlich empfangen, und ich schätze das dortige Arbeitsumfeld sehr, insbesondere aufgrund der gemeinsamen Nutzung wichtiger Ressourcen wie Besprechungs- und Konferenzräume, Laboreinrichtungen und Kaffeeküchen.

Durch die gemeinsame Nutzung von Ressourcen kommt es ganz natürlich zu Begegnungen zwischen Forschenden aus verschiedenen Fachbereichen. In informellen Gesprächen in der offenen Kaffeeküche ergab sich schon oft die Gelegenheit, sich mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Disziplinen auszutauschen und Fragestellungen gemeinsam zu erörtern. Darüber hinaus freue ich mich sehr über den freundlichen und dennoch sehr professionellen Umgang mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des ZeHS und die regelmäßige Unterstützung meines Teams.

Neben der verbesserten räumlichen Situation hat uns das ZeHS auch bei der Vernetzung innerhalb der Universität geholfen. Im Rahmen der ZeHS-Kolloquien hatten wir die Möglichkeit, unsere Forschungsthemen vorzustellen und mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Fachbereichen über potenzielle Anwendungen zu diskutieren. Daraus sind zahlreiche Voruntersuchungen für Projektanträge und Kooperationen entstanden. Beispiele sind die ultraschallbasierte Untersuchung von funktionalisierten Emaillebeschichtungen oder Lithiumbatterien.

Das ZeHS hat sich somit als wichtiger Erfolgsfaktor für die Entwicklung meiner Professur erwiesen, indem es uns sowohl die notwendige Infrastruktur als auch das fachliche Umfeld für die Weiterentwicklung geboten hat. Aus meiner Perspektive ist das ZeHS damit ein Forschungsinzukunft, besonders für Nachwuchsgruppen, die noch keinen festen Platz in der Universität haben.

Kontakt:

TU Bergakademie Freiberg, Juniorprofessur für Mess-, Sensor- und Eingebettete Systeme (MSE Lab),
Christian.Kupsch@et.tu-freiberg.de



Jun.-Prof. Christian Kupsch (re.) & Team, Foto:Theresa Lemser

Gelungene Firmenzusammenarbeit am Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS)

Dirk C. Meyer, Theresa Lemser, Hartmut Stöcker

Mit der Antragstellung für das ZeHS wurde auf das besondere Potenzial der Einbeziehung regionaler Unternehmen in Kooperationsvorhaben hingewiesen. Solche Kooperationen werden inzwischen aktiv gelebt und es existieren entsprechende Vereinbarungen, welche einen Mehrwert für alle Seiten darstellen. Zwei Beispiele sollen hier vorgestellt werden.

Die Anlage zur Rolle-zu-Rolle-Beschichtung des Instituts für Experimentelle Physik dient der Fertigung von Komponenten für Batteriezellen und andere Funktionsbeschichtungen. Sie wird gemeinsam mit den Firmen ROVAK GmbH aus Grumbach und NORCSI GmbH aus Halle betrieben. Entwurf und Umsetzung der Anlage erfolgten durch die Firma ROVAK, die als Anlagenbauer auf Vakuumanlagen mit verschiedenen Beschichtungstechnologien spezialisiert ist. Die Gründung

der NORCSI GmbH, die sich mit der Entwicklung von Silizium-Anoden für Lithium-Ionen-Batterien beschäftigt, wurde durch den gemeinsamen Zusammenhang maßgeblich inspiriert.

Die Finanzierung der Rolle-zu-Rolle-Anlage wurde durch das BMBF-Vorhaben R2R-Battery (FKZ 03SF0542A) ermöglicht. Die Beteiligung der beiden Firmen ROVAK und NORCSI am Betrieb, der Weiterentwicklung sowie der Forschung würdigt den Fördergedanken in besonderer Weise. Die Kooperation reicht von gemeinsam betreuten Gradierungsarbeiten hin zu Verbundprojekten, die jeweils offen für Dritte sind.

An einer Blitzlampenanlage in der Halle des ZeHS forscht die LuxChemtech GmbH aus Freiberg in Kooperation mit dem HZDR zum Recycling von Solarzellen. Nach einer Nutzungsdauer von 20 bis 25 Jahren erreichen Photovoltaik-Module das Ende ihrer Einsatzzeit und

müssen stofflich verwertet werden. Mittels intensiver Lichtblitze (FLA – Flash Lamp Annealing) können berührungslos die verschiedenen Schichten der Solarzellen vom Substrat abgelöst werden. Anschließend werden die voneinander getrennten einzelnen Komponenten recycelt.

Bei der gegebenen Zahl der ZeHS-Mitglieder (42 Professuren) existieren zahlreiche weitere derartige Aktivitäten. Insgesamt folgt die ZeHS-Belegschaft mit ihren Industriepartnern der Forschungsprogrammatik, womit zugleich hervorragende berufliche Perspektiven für Absolventinnen und Absolventen der Bergakademie geschaffen werden.

Weitere Informationen zum ZeHS finden sich unter: <https://tu-freiberg.de/zehs>.



Anlage für das Recycling von Solarzellen unter Einsatz von FLA



Anlage, hergestellt durch die Firma ROVAK, für die Erzeugung von Batteriekomponenten Rolle-zu-Rolle

3. Freiburger Kongress zur Energiewende

Simon Glöser-Chahoud

Am 12.05.2023 fand der 3. Freiburger Kongress zur Energiewende unter dem Motto „Regenerative Energieautarkie – Vision oder Illusion?“ in den Räumen der Alten Mensa in Freiberg statt. Die Veranstaltung wird jährlich durch den Freiburger Verein „Forum Energiewende e.V.“ organisiert, dessen

Vorsitz der Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, sowie der ehemalige Rektor und Ehrensenator, Prof. Dr. Georg Unland, innehaben. Das Ziel des Vereins „Forum Energiewende e.V.“ ist es, eine breite und technisch fundierte Diskussion zum Stand der Energiewen-

de zu fördern und aktuelle Entwicklungen kritisch zu hinterfragen. Dabei soll ein möglichst breites Spektrum an Einschätzungen und Lösungsoptionen aufgezeigt werden und als Grundlage für kontroverse Diskussionen zur Ableitung von Handlungsoptionen dienen.

Wie schon in den vergangenen Jahren wurde die eintägige Veranstaltung in diesem Jahr von den Vereinsvorsitzenden moderiert. Der Kongress wurde als Hybridveranstaltung durchgeführt, d.h. es war sowohl eine Onlineteilnahme als auch eine Teilnahme in Präsenz möglich. Zusätzlich zu den über 100 Präsenzteilnehmern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, die die Räume der Alten Mensa voll ausfüllten, waren online ca. 50 weitere Teilnehmende zugeschaltet. Während die Fachvorträge vollumfänglich in Präsenz stattfanden, war eine Teilnahme an der Diskussion über das online Forum möglich. Im Folgenden wird ein kurzer Ablauf des Kongresses, insbesondere hinsichtlich des Inhalts der Vorträge und der Diskussionen skizziert.

Nach einer kurzen Begrüßung durch den Rektor, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht, folgte der erste Vortrag des Kongresses von Dr. Berit Erlach, wissenschaftliche Referentin bei der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) in Berlin. Unter dem Titel „Der richtige Energiemix im Energiesystem für eine stabile und nachhaltige Versorgung“ stellte Frau Dr. Erlach die Ergebnisse der Studie „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS) vor. Hierbei wurden von zahlreichen Fachleuten aus Wissenschaft und Forschung Szenarien und Handlungsoptionen zur Umsetzung einer sicheren, bezahlbaren und nachhaltigen Energieversorgung erarbeitet. Ein Hauptkritikpunkt der Studie in der nachfolgenden Diskussion lag insbesondere im hohen Anteil an Erdgas im zeitlichen Verlauf des zukünftigen Energiemixes aller Szenarien, der angesichts der aktuellen Versorgungslage eher unrealistisch erscheint. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die vorgestellten Studienergebnisse vor Ausbruch des Ukrainekriegs erarbeitet wurden und angesichts der veränderten Versorgungssituation inzwischen bereits als teilweise obsolet angesehen werden können. Der anschließende Vortrag des emeritierten Magdeburger Professors, Prof. Dr. em. Wolfgang Michel, zum Thema „Regenerative Energieträger: Exergie-Energiewirtschaft“ führte auf Grund relativierender Äußerungen zum anthropogenen Klimawandel in der anschließenden Diskussion zu einigen Gegenkommentaren, insgesamt blieb der Ton aber immer

sachlich. Nach einer kurzen Pause, in der die Diskussionen angeregt weitergeführt wurden, stellte Dr. Holger Neuhaus, Abteilungsleiter Photovoltaik des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) die neusten Entwicklungen im Bereich der Photovoltaik vor. Dabei ging er sowohl auf die Steigerung der Wirkungsgrade als auch auf die enorme Kostensenkung kommerzieller Photovoltaikmodule in den vergangenen Jahren ein. Den Vormittag beendete Prof. Dr. Jan Wenske, stellvertretender Institutsleiter und Direktor „Technik“ des Fraunhofer Instituts für Windenergiesysteme (IWES) mit seinem Vortrag zum Thema „Das Windpotential Deutschlands zur Energiewende“. Neben technischen Entwicklungen hin zu immer größeren Turbinen adressierte er vor allem die Flächenpotentiale für Windenergie in Deutschland und die schwierigen Genehmigungsverfahren bei der Umsetzung von Windprojekten.

Nach der Mittagspause, in der die Kongressteilnehmer während des Essens weiter diskutieren und Kontakte knüpfen konnten, lag der Fokus zunächst auf der Kernenergie. Prof. Dr. Thomas Klinger, Leiter Stellator-Dynamik und -Transport des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik stellte in seinem Vortrag „Energie aus der Fusion von Wasserstoff – ewiger Traum oder reale Perspektive“ das Potential der Kernfusion als Energiequelle der Zukunft dar. Dabei adressierte er klar die technischen Herausforderungen bei der Nutzung der Kernfusion als kontinuierliche Energiequelle, die es in den kommenden Jahren durch weitere Forschung zu lösen gilt. Prof. Dr. Antonio Hurtado, Inhaber des Lehrstuhls für Wasserstoff- und Kernenergietechnik der TU Dresden, präsentierte im Anschluss den aktuellen Stand der Technik zur Kernspaltung in seinem Vortrag „Akzeptanzfähige Kernenergie – auch für Deutschland?“. Dabei ging er vor allem auf innovative Mikroreaktor-konzepte und Kleinstkraftwerke ein, die in Zukunft in zahlreichen Ländern einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung leisten könnten. Er adressierte aber auch die geringe Akzeptanz für Kernenergie in Deutschland und die Tatsache, dass zukünftig mit dem weiteren Ausbau erneuerbarer Energiequellen eher flexible Residuallast bereitgestellt wer-

den muss, wofür die Kernenergie als klassischer Grundlastlieferant nicht zwingend geeignet ist. Das letzte Thema des diesjährigen Kongresses widmete sich gemäß der Tradition der Bergakademie den Georessourcen. Prof. Dr. Ralph Watzel, Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover, referierte zum Thema „Deutschlands Gasvorkommen, welche Nutzungen sind denkbar?“. Dabei ging er auf die potentielle Förderung konventioneller Erdgasvorkommen in Deutschland ein und auf die Notwendigkeit weiterer Forschungs- und Explorationsarbeit in diesem Bereich. Vor dem Hintergrund der ausbleibenden Gasversorgung aus Russland sowie des steigenden Imports von Fracking-Gas aus Amerika, welches durch die Verflüssigung unter erheblichen Effizienzverlusten nach Deutschland gebracht wird, erscheint eine verstärkte heimische Förderung als relevante Option, die es zu diskutieren gilt. Den letzten Vortrag des Tages hielt Prof. Dr. Matthias Reich, Inhaber der Professur für Bohrtechnik, Spezialtiefbauausrüstungen und Bergbaumaschinen zum Thema der Tiefengeothermie als nachhaltige Energiequelle. Unter dem Titel „Chancen und Grenzen der Tiefengeothermie in Deutschland“ erläuterte er die technischen Herausforderungen sowie die notwendigen lokalen geologischen Voraussetzungen für die Nutzung von Tiefengeothermie. Mit einer kurzen Zusammenfassung und dankenden Schlussworten beendete Prof. Georg Unland den 3. Freiburger Kongress zur Energiewende.

Insgesamt kann die Veranstaltung auf Grund der hohen Teilnehmerzahl und des allgemeinen breiten Interesses, aber auch durch die Vielschichtigkeit der Beiträge und Diskussionen als voller Erfolg gewertet werden. Dies unterstreicht einmal mehr den Anspruch der TU BAF als eine führende Lehr- und Forschungseinrichtung an der Schnittstelle zwischen Energie- und Rohstoffwirtschaft. Im kommenden Jahr wird der 4. Freiburger Kongress zur Energiewende am 26. April unter dem Motto „Energiewende in Deutschland – eine Zwischenbilanz“ stattfinden. Die Organisation der Veranstaltung wird von Prof. Dr.-Ing. Simon Glöser-Chahoud als neuberufener Professor an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften übernommen werden.

15 Jahre Graduierten- und Forschungsakademie

Kristina Wopat

Der 15. Geburtstag der Graduierten- und Forschungsakademie war ein guter Anlass, um Promovierende und promovierte Alumni miteinander ins Gespräch zu bringen sowie sich bei den vielen Kolleg:innen der Universität, die die GraFA stetig unterstützen, zu bedanken. 140 Gäste folgten der Einladung und feierten bei bestem Spätsommerwetter am 15. September 2023 vor der Neuen Mensa mit Livemusik und inspirierenden Begegnungen. Auch für Kinder gab es ein buntes Programm, so dass auch die jungen Eltern teilnehmen konnten.

Heute sind Graduiertenakademien ein nicht mehr wegzudenkender Bestandteil der Promotionskultur der deutschen Universitätslandschaft. Dies war bei der Gründung 2008 noch nicht der Fall: „Mit diesem Schritt setzt die TU Bergakademie Freiberg als eine der ersten Universitäten in Deutschland eine Empfehlung des Wissenschafts-

2013 Dr. Kristina Wopat in diesem Amt folgten.

In den 15 Jahren ihres Bestehens hat die GraFA ihr Fortbildungs- und Coachingangebot für den wissenschaftlichen Nachwuchs, maßgeblich finanziert durch Drittmittelprojekte, kontinuierlich weiterentwickelt und ausgebaut.

Das bis heute tragende Grundgerüst des Fortbildungsprogramms wurde ab Ende 2010 im vom Europäischen Sozialfonds geförderten Projekt „Kompetenzschule“, damals mit Dr. Kristina Wopat als Projektleiterin, geschaffen. In vier Programmlinien (1. Wissenschaftliches Arbeiten/Grundprogramm Promotion; 2. Führung/Management/Karriereplanung; 3. Wissenschaftsmanagement; 4. Hochschuldidaktik) steht den Promovierenden ein breites Kurs- und Workshopangebot bereit. Ebenfalls seit 2010 werden die Krüger-Kolloquien durchgeführt, die sich the-

Governance and Social Entrepreneurship Programme EMPOWER“ für Promovierende aus Entwicklungsländern und Diktaturen (Start 2018) dazu. Diese Programme dienen der gezielten Förderung der Kompetenzentwicklung und weisen eine hohe Erfolgsquote auf: Im Vergleich zu den übrigen Promovierenden der gleichen Jahrgänge an der TU BAF in ihrer Gesamtheit ist die Promotionserfolgsquote unter den Teilnehmenden um rund 1,5 mal höher. Bisher konnten rd. 90 Promovierende von dieser Begleitung profitieren.

Unter dem Dach des EIT Raw Materials beteiligte sich die GraFA ab 2013 am Aufbauprozess und ab 2015 an fünf europäischen Verbundprojekten. Insbesondere Promovierende profitieren von den transdisziplinären dreimonatigen Trainingsprogrammen, die gemeinsam mit Partnern im Wissensdreieck aus Forschungszentren, Hochschulen und Industrie entwickelt werden. Sehr



rates zur Verbesserung der Promotion um“, sagte Prof. Michael Schlömann, der den Aufbauprozess als damaliger Prorektor Bildung federführend begleitete, bei der Gründungsfeier. Der Ursprung geht auf das zwischen 2002 - 2007 vom DAAD geförderte internationale Promotionsprogramm an deutschen Hochschulen (PHD) zurück, das für die TUBAF durch Prof. Jörg Matschullat koordiniert und mit insgesamt 82 Promovierenden durchgeführt wurde. Dank der Unterstützung durch die Dr. Erich-Krüger-Stiftung konnte die GraFA 2008 ihre Arbeit aufnehmen. Zum ersten Direktor wurde Prof. Roland Schöne bestellt, dem im Oktober 2010 Stefanie Hasse und ab August

matisch drängenden Zukunftsfragen widmen. 2023 fand, gefördert von der Dr. Erich-Krüger-Stiftung, bereits das 30. Krüger-Kolloquium statt.

2011 wurde die hochschuldidaktische Weiterbildung in Zusammenarbeit mit dem Hochschuldidaktischen Zentrum Sachsen für die TUBAF an der GraFA verankert. Bis heute finden Lehrende hier ein für die spezifischen Bedarfe im MINT-Bereich zugeschnittenes Fortbildungs- und Beratungsangebot.

Ab 2012 kamen promotionsbegleitende Programme wie das Erfolgsteam „Junge Frauen an die Spitze“, das 2014 in den Instrumentenkasten der DFG „Frauen in der Wissenschaft“ aufgenommen wurde, sowie das „Good

erfolgreich gelaufen ist das Projekt CE COSP „Circular Economy and Raw Materials Competence for Sustainable Production“ in Kooperation mit Frau Prof. Volkova und Hochschulen, Forschungszentren sowie Industrie in Schweden und Estland. Mehr als 60 Promovierende haben dieses dreimonatige Trainingsprogramm durchlaufen und die Ergebnisse ihrer interdisziplinären Fallstudien der Industrie vorgestellt. Im Oktober 2023 startete die GraFA ein ähnliches Programm im Bereich „Social Licence to Operate“ (Pro-SLO) gemeinsam mit Prof. Gari Walkowitz und Partnern aus Griechenland, Kroatien, Österreich, Schweden und Spanien.

Auch der Internationalisierung der Promotion widmete sich die GraFA im



Rahmen des vom DAAD geförderten Projekts YoungGEOMATENUM International 2015, über das Promovierende der TUBAF zu Forschungs-aufenthalten und Tagungen in 47 Ländern entsandt worden. Aus 17 Ländern kamen Promotionsinteressierte zu Forschungspraktika und Kennenlernaufenthalten nach Freiberg. Mehrere Doppelpromotionsprogramme entstanden und wurden mit Leben erfüllt. Initiativ entwarf die GraFA die erste Internationalisierungsstrategie 2020 für die Universität, die vom Rektorat aufgenommen wurde.

Ab 2019 wurde systematisch ein Programm für Postdocs, Habilitierende sowie Tenure-Track-Professor:innen ent-

wickelt und mittlerweile etabliert.

Viele weitere Funktionen, die nicht typischerweise bei Graduiertenakademien liegen, wurden im Laufe der Jahre der GraFA anvertraut: 2013 wurde das Career Center an der GraFA angesiedelt und ist seither ohne Mitteleinsatz durch die TUBAF erfolgreich tätig. 2015 wurde der zuvor mit 16 zahlenden Teilnehmern kränkelnde BHT an der GraFA verankert und konnte sowohl wissenschaftlich als auch wirtschaftlich gemeinsam mit vielen engagierten Partnern an den Instituten der TUBAF wiederbelebt werden. 2023, beim 74. BHT - Freiburger Universitätsforum wurde erstmals die 1000-Teilnehmer-

Marke wieder erreicht.

Bei Großforschungsanträgen wie dem ZeHS sowie Strukturprogrammen wie dem Professorinnenprogramm und dem Tenure-Track-Programm unterstützt die GraFA mit ihren spezifischen Kompetenzen. Sie begleitet mit eigenen Maßnahmen die Umsetzung des Gleichstellungs- und des Personalentwicklungsprogramms, ist in der akademischen Selbstverwaltung u.a. in sieben Rektoratskommissionen aktiv involviert usw.

2022 mitten in der Energiekrise führte die GraFA 20 Promovierende und Postdocs zur interdisziplinären virtuellen Zukunftswerkstatt „Kli-



Foto: Detlev Müller



Foto: Desmond Okwor



Foto: Detlev Müller

maneutrale Erdgassubstitution“ zusammen. Zwei Wochen lang traf sich die Gruppe täglich zwei Stunden vor

Arbeitsbeginn und entwickelte für die Fragestellung, wie eine klimaneutrale Erdgassubstitution für die Länder Sach-

sen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt binnen kürzester Frist gelingen kann, Lösungen. Die Ergebnisse wurden den Energieministerien der drei Bundesländer vorgestellt, fanden dort Anerkennung und teils auch Anwendung. Damit war eine neue, innovative Form der Fortbildung als „Impact Oriented Education“ geschaffen, die künftig verstärkt zum Einsatz kommen wird. „In diesen zwei Wochen habe ich mehr gelernt als in den zurückliegenden drei Jahren“, sagte ein Teilnehmer im Resümee. „Ich habe nie gedacht, dass ich als Doktorandin so viel ausrichten kann“, eine andere. Zukunftskompetenzen zu vermitteln, wird auch in den nächsten 15 Jahren im Zentrum der Arbeit der GraFA stehen.

15 Jahre lokales Netzwerk „Kleine Forscher“ / „Junior Forscher“ an der TU Bergakademie Freiberg

Kathrin Häußler¹

Im Mai 2008 wurde das lokale Netzwerk „Kleine Forscher an der TU Bergakademie Freiberg“ für frühkindliche Bildung in den Kindereinrichtungen des Landkreises Mittelsachsen (vorm. Landkreis Freiberg) gegründet. Es ist das älteste Netzwerk in Sachsen, das sich um die Weiterbildung von Erzieherinnen und Erziehern im MINT-Bereich kümmert. Netzwerkpartner ist von Beginn an die TU Bergakademie Freiberg, die Schirmherrschaft bei der Einrichtung übernahm Veronika Bellmann, MdB. Für pädagogische Fachkräfte aus Kindertagesstätten



im Landkreis Mittelsachsen werden seit 2008 regelmäßig Fortbildungen im Bereich Naturwissenschaften und Technik für die frühkindliche Bildung angeboten.

Bis 2020 in Kooperation mit der bundesweit agierenden Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (jetzt „Stiftung Kinder forschen“) organisiert, wurden ab 2021 mit der Neuorganisation und dem Bezug neuer Räumlichkeiten im Kunsthandwerkerhof in der Burgstraße 19 in Freiberg eigene Wege beschritten. Die TU Bergakademie Freiberg stellt für die-

ses Projekt seit 2015 0,5 VZÄ für die Stelle einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin zu Verfügung. Die Stiftung der TU Bergakademie Freiberg vermietet seit 2021 Büro- und Schulungsräume in der Altstadt von Freiberg. Die neuen Räume sind Ausdruck des Engagements der Universität, die Angebote im Landkreis Mittelsachsen zu organisieren und sichtbar zu machen.

Mehr als 90 Kindertagesstätten sind aktive Mitglieder des lokalen Netzwerks, mehr als 30 verschiedene Weiterbildungsangebote sowie zusätzlich pädagogische Tage und Teamfortbildungen konnten bisher angeboten



werden. Träger der beteiligten Kindertagesstätten und Schulhorte sind Kommunen, das Studentenwerk, DRK, Volkssolidarität, AWO, die Johanniter Unfallhilfe, Elterninitiativen und die evangelische Kirche.

Das lokale Netzwerk „Junior Forscher an der TU Bergakademie Freiberg“ - Umbenennung 2021 (vorher „Kleine Forscher“ an der TU Bergakademie Freiberg) - kümmert sich als Teil des Dezernats Universitätskommunikation der TU BAF seit 2008 um die frühkindliche Bildung, speziell die Ausbildung von pädagogischen Fachkräften aus ca. 90 Kindertagesstätten im Landkreis Mittelsachsen (Altkreis Freiberg) zu unterschiedlichen Themen aus dem MINT-Bereich und dem für nachhaltige Entwicklung (www.tu-freiberg.de/uni-fuer-kinder). Halbjährlich werden sechs Workshops für Erzieherinnen und Erzieher zu



einem Thema, wie z. B. Luft, Sprudelgas, Licht und Farbe, Mathematik, Elektrizität, Magnete oder Akustik angeboten. Eine Besonderheit bei den Weiterbildungsangeboten des Netzwerks ist die Nutzung lokaler und regionaler Lernorte und Bildungsangebote in Form der „Freiberger Entdeckungsreisen für große und kleine Forscher“.

Unsere Partner:

- TU Bergakademie Freiberg



- terra mineralia
- Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg
- Silberbergwerke Freiberg
- Stadtbibliothek Freiberg
- Technische Sammlungen Dresden
- Sächsisches Industriemuseum Chemnitz
- GEOPARK Mitte Sachsen
- NABU Freiberg, Kirchberg
- Welterbe Montanregion Erzgebirge e. V.



- Silbermann-Gesellschaft, Industriemuseum Chemnitz
- Depot Pohl-Ströher Gelenau
- Technische Sammlungen Dresden.

Die Junior Forscher betreuen die Kinder-Website der TU Bergakademie Freiberg, informieren dort über aktuelle Termine und gestalten mit dem „Experiment des Monats“ regelmäßig ein Online-Angebot für Kinder.

Zweimal im Jahr finden Vorlesungen im Rahmen der Junior-Universität der TU Bergakademie Freiberg statt, diese Veranstaltungen werden vom Netzwerk vorbereitet und durchgeführt.

¹ Koordinatorin und Trainerin, lokales Netzwerk „Junior Forscher“ an der TU Bergakademie Freiberg

Sanierung des Forschungs- und Lehrbergwerks an der TU Bergakademie Freiberg - Rekonstruktion Fördergerüst und Modernisierung Fördermaschine

Tobias Kandler

Die Modernisierung des Forschungs- und Lehrbergwerks schafft beste Bedingungen für die Forschung auf vielen Fachgebieten, für die praxisnahe Ausbildung von Studentinnen und Studenten und den sicheren Zugang zur Infrastruktur des Grubengebäudes. Grund hierfür sind die veränderten Anforderungen an den Forschungs- und Lehrbetrieb der Technischen Universität, der sich in den vergangenen Jahren entwickelt hat. Dies machte die grundlegende Erneuerung der bisherigen Fördererzeugung notwendig.

Nachdem in den vergangenen Jah-

ren das Fördergerüst saniert und ersetzt wurde, erfolgte seit Frühjahr 2022 die Modernisierung und der Umbau des Förderhaspels und der Schachtsignalanlage durch die Firma Schachtbau Nordhausen. Diese Maßnahme ist ein weiterer, wichtiger Schritt, um künftig, mit der bereits in Planung befindlichen Rekonstruktion der Schachteinbauten, die Fahrmöglichkeit zwischen Rasenhängebank und erster Sole in einer Teufe von 147 m bis zum Niveau des Rothschnöberger Stollns in einer Teufe von 228 m erweitern zu können. Speziell für die künftigen Anforderungen wurde

ein neuer Doppeltrommel-Förderhaspel mit Versteckeinrichtung und Schachtsignalanlage konzipiert und gebaut. Nach der Erweiterung der Fahrgang bis zur Sole Rothschnöberger Stolln werden dann sieben Solen mit Anschlags- und Überwachungstechnik angeschlossen sein. Diese seltene und ungewöhnliche Konfiguration in einem bis ins Mittelalter zurückdatierenden Schacht im Erzbergbau bietet damit vielfältige und einzigartige Forschungs- und Lehrmöglichkeiten.

Die neue Fördermaschine ist wie bisher in Fluraufstellung als geführte

zweitrümgige Seilfahranlage gefertigt und errichtet worden. Sie kann in Zukunft auf einrümigen Fahrbetrieb mit einem neuen Großkorb umgerüstet werden. Die Seilzugkraft beträgt insgesamt 80 kN und erlaubt es damit künftig in Verbindung mit dem neuen Fördermittel deutliche größere Lasten in unterschiedlichsten Abmessungen und Lastkonfigurationen mit einer Fördergeschwindigkeit von bis zu 2 m/s transportieren zu können.

Mit diesen beiden Maßnahmen wird

neben der langfristigen Sicherung des technischen Betriebs des Bergwerks am Schacht „Reiche Zeche“ die nachhaltige Stärkung moderner Forschungsmöglichkeiten umgesetzt und in Verbindung mit künftigen Baumaßnahmen, wie der Modernisierung der Schachteinbauten, noch erweitert.

Das Fördergerüst und die alte Fördermaschine des Forschungs- und Lehrbergwerks „Reiche Zeche“ sind bedeutende technische Denkmäler, die seit 2019 auch Bestandteil der UNESCO-

Welterbe Montanregion Erzgebirge/Krušnohoří sind. Die bei der Rekonstruktion wiederverwendeten Schrägstützen des Fördergerüsts stammen aus den 1940er und -50er Jahren. Als markantes, weithin sichtbares Bauwerk zählt das Fördergerüst zu den Wahrzeichen der Universitätsstadt Freiberg. Mit dessen Sanierung und behutsamen Rekonstruktion konnte sein historisches Erscheinungsbild bewahrt werden.



Fotos: Detlev Müller

Soziales Leben am Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS)

Dirk C. Meyer¹, Theresa Lemser²

Nachdem das ZeHS nunmehr wissenschaftlich und technisch etabliert ist, gibt es immer mehr Begegnungen. Dazu tragen ganz maßgeblich die von den Architekten dafür vorgesehenen Teeküchen bei. Es fällt auf, dass durch die Schüleruniversität und etwa die Ausstellung „Salz des Lebens“ ganz häufig Schulklassen das Foyer bevölkern. Auch für

die ZeHS-Gemeinschaft im engeren Sinne ist das Foyer täglicher Treffpunkt und sozialer Mittelpunkt bei zahlreichen Veranstaltungen wie Workshops und Tagungen. Mithilfe dieser Begegnungsorte rückt die zuvor lose Gruppe von Wissenschaftlern immer weiter zusammen.

Neben dem fachlichen Austausch un-

ter Inanspruchnahme der Beratungs- und Vortragsräume ergeben sich durch die Architektur des ZeHS viele Möglichkeiten zu Begegnungen. Der ausgesprochen schöne Innenhof mit gemütlicher Bestuhlung lädt zum Plaudern und auch zum Verweilen ein, etwa zur Korrektur eines Manu-

skripts. Weitere häufig genutzte Orte des Zusammentreffens sind die Teeküchen auf jeder Etage des Kopfbaus. Zugleich steht in einem Büro ein elektronisches Klavier, das allgemein zugänglich ist.

Besondere Impulse durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter führten die Gemeinschaft in letzter Zeit weiter zusammen. Neben einer Ausschmückung zur Weihnachtszeit waren alle Mitglieder zu einem gemeinsamen Weihnachtslieder-singen ins Atrium eingeladen und viele kamen. Die Vokalisten aus dem Hause konnten in einer tragenden Breite instrumental aus eigener Reihe unterstützt werden. Ergänzt wurde das gemeinsame Mu-



Weihnachtliches ZeHS

sizieren durch eine sehr schöne Rezitation von Frau Dr. Theresa Wand zum Schicksal einer weihnachtlichen Holzfigur.

Zum Jahresabschluss machten junge ZeHS-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter auf eigene Initiative und Finanzierung einen Ausflug zum Schloss Proschwitz.

Bestimmt gehört auch die Schüleruni-versität in diesen Zusammenhang. Dabei wird z. B. Gitarre gespielt und getanzt. Es ist schön zu erleben, dass Lehrerinnen und Lehrer und natürlich die Schülerinnen und Schüler davon auch außerhalb berichten und es so neue Rückkopplungen gibt.

Die Autoren freuen sich auf ein weiterhin gemeinschaftliches Miteinander und



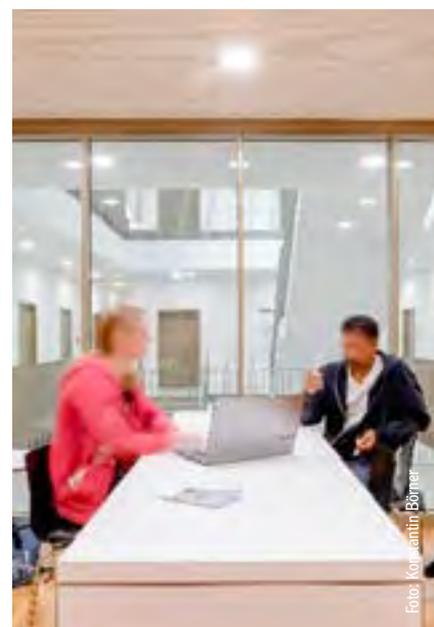
Singen am ZeHS, v.l.n.r.: Jun.-Prof. Christian Kupsch (Gitarre), Theresa Lemser (Klavier), Dr. Rhena Wulf (Violine), Dr. Sebastian Henkel (Akkordeon)



Schüleruni am ZeHS: Tanz der Moleküle

zusätzliche Initiativen. Insgesamt bietet das ZeHS eine bauliche Hülle und, die Nutzerinnen und Nutzer betreffend, auch eine familiäre Stätte. Entsprechend sei dem Architekturbüro Heinle Wischer in Dresden für das funktionierende Konzept gedankt.

- 1 Prof. Dr. Dirk C. Meyer, Wissenschaftlicher Sprecher des ZeHS, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg, Direktor des Instituts für Experimentelle Physik, Leipziger Straße 23, 09599 Freiberg
- 2 Ass. iur. Theresa Lemser, Referentin des ZeHS, Winklerstraße 5, 09599 Freiberg



Teeküche im ZeHS

Mohs am Montag

Norman Pohl, Gerhard Heide

250. Geburtstag von Carl Friederich Mohs:¹ Das Jubiläum war der Anlass, das wissenschaftliche und damit auch wissenschaftshistorische Potenzial der Mineralogiegeschichte sowie die den Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg innewohnende Innovationskraft mit der Ringvorlesung „Mohs am Montag“ zu verdeutlichen. Die Kooperation zwischen den Instituten für Mineralogie und Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte und den Geowissenschaftlichen Sammlungen nahm den Vortrag von Götz Rosetz am 27. Januar 2023 „Auf den Spuren von Carl Friederich Mohs“ in der Freiburger Universitätsbibliothek zum Ausgangs-

punkt für eine Reihe von Kurzvorträgen. Wie konzeptionell in der Zusammenarbeit mit dem Freiburger Taschenbuchladen 2019 in der Veranstaltung „Mit Humboldt ins Wochenende“ und 2020 mit der Vorlesung „Poesie und Technik“ zum Jahr der Industriekultur in Sachsen erprobt, versammelte sich im Großen Hörsaal des unter Denkmalschutz stehenden Abraham-Gottlob-Werner-Baus in der Brennhausegasse 14 ein an mineralogehistorischen und damit im weiteren auch wissenschafts- und geologie- sowie kulturhistorischen Themen interessiertes Auditorium, um die vielfältigen Aspekte von Mohs' Leben und Werk Revue passieren zu lassen und in einen weite-

ren Kontext einzuordnen.

Als Schüler Werners in der bergakademischen Historiographie in dessen Schatten stehend, war Carl Friederich Mohs zunächst im Harz und anschließend in Wien tätig, bevor er 1812 einen Ruf als Professor an das Joanneum in Graz erhielt. Nach Werners Tod 1817 von 1818 bis 1826 als dessen Nachfolger Professor an der Bergakademie, ging Mohs 1826 als Professor nach Wien und verstarb 1839 im nordostitalienischen Agordo während einer geowissenschaftlichen Exkursion.² In seiner Freiburger Zeit leistete Mohs einen tätigen Beitrag zum wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Wiedererstarben des Königreichs

Sachsen, das in der Folge der Napoleonischen Kriege und der auf dem Wiener Kongress ausgehandelten europäischen Friedensordnung etwa 20.000 von 35.000 km² seines Territoriums mit deutlich mehr als 40 % seiner Bevölkerung an das konkurrierende Königreich Preußen abtreten musste.

Die ausgewählten Vorträge thematisierten Mohs' Nachwirkungen in den Geowissenschaften, seine Sammlungskonzeption, seine naturphilosophischen Einflüsse und sein Werk seit seinem Wechsel an das Joanneum in Graz. Dr. Angela Strauß vom Museum für Naturkunde Berlin thematisierte „Schenkungen und ihre Bedeutung für die Entwicklung von naturhistorischen Sammlungen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts“. Über reine materielle Erweiterung einer Sammlung waren dabei Fragen der Bildung von wissenschaftlichen Netzwerken und den an die Gabe wie auch die Annahme einer Schenkung geknüpften Erwartungen von Interesse. Dr. Ferdinand Damaschun, ebenfalls vom Museum für Naturkunde Berlin, behandelte „Friederich Mohs und die frühe Entwicklung der Kristallographie“ in Bezug auf die Mineralogie, die Mohs unabhängig von der chemischen Zusammensetzung der Minerale so weiterentwickelte. Ohne Florian Fichtner (IWTG) und seine stete technische Unterstützung wäre die Durchführung der Veranstaltung in hybrider Form nicht möglich gewesen, was es insbesondere ermöglichte, Prof. Dr. Marie-Theres Federhofer von der Universität Tromsø als Referen-

tin zu gewinnen. „Henrik Steffens und Friederich Mohs: Rekonstruktion einer wissenschaftlichen Freundschaft“,³ knüpfte an die langjährigen wissenschaftlichen Kontakte der Referentin zu den veranstaltenden Instituten an, die sich in der Vergangenheit durch wiederholte Besuche und die Diskussion kulturhistorischer Fragestellungen zeigte. „Irish Mohs“, so der scherzhafte Untertitel von Dr. Annett Wulkow Moreira da Silva, Archivarin der TU Bergakademie Freiberg, rückte „Die Bemühungen zur Gründung einer Bergakademie in Dublin und [die Rolle von] Friederich Mohs“ in den Fokus. Das letztendlich gescheiterte Vorhaben stand doch für den Optimismus, Bodenschätze jeglicher Natur überall auf der Welt erschließen zu können, eben auch in für umfassenden Bergbau bis dato eher weniger bekannten und bedeutenden Regionen.⁴ Den Reigen der Vorträge im Sommersemester beschloss Dr. Bernd Moser, Joanneum Graz/Österreich, „Neues zur Mohs-Härteskala und zum Mohs-Denkmal am Joanneum in Graz“.

Im Wintersemester 2023/24 soll die Reihe in Würdigung der Mohs'schen Härteskala mit Vorträgen der Freiburger Wissenschaftler Prof. Dr. Johannes Heitmann und Dr. Marcus Schwarz Themen rund um den Diamant behandeln, bevor der zu Beginn des Sommersemesters krankheitsbedingt ausgefallene Vortrag von Dr. Thomas Schmuck von der Klassik-Stiftung Weimar zu „Suiten in der Konzeption von Sammlungen“ die Ringvorlesung „Mohs am Montag“

beschließt. Mit dieser Vortragreihe reaktivierten die beteiligten Institute fakultätsübergreifend das Lehrgebiet der Mineralogiegeschichte in Deutschland und gaben so auch den Impuls zur kulturhistorisch ausgerichteten Vorlesung „Einführung in die Geschichte der Geologie, Mineralogie und Geodäsie“.

Zum Mohs-Termin, also angelehnt an das Kolloquium des IWTG, steht zum Sommersemester eine besondere Fortsetzung der Veranstaltung an. Im Rahmen eines Lektüre-Seminars und aus Anlass der Veröffentlichung vor 250 Jahren wird mit mineralogischem und wissenschaftshistorischem Input Abraham Gottlob Werners wegweisende Publikation „Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien“⁵ diskutiert werden.

- 1 Friederich Mohs, GND: 11907835X, *29.01.1773 in Gernrode, †29.09.1839 in Agordo, Italien, 1798 mit der nachträglich vergebenen Nr. 502 an der Bergakademie Freiberg immatrikuliert.
- 2 Rosetz, G. P.: Zum 250. Geburtstag von Friederich Mohs – eine Spurensuche, in: ACAMONTA 29 (2022), S. 204-207. Augarten, der deutsche Name der Gemeinde, enthält das Versprechen auf landschaftliche Schönheit.
- 3 Henrik Steffens, GND: 118617109, *02.05.1773 in Stavanger, Norwegen, †13.02.1845 in Berlin, im gleichen Jahr wie Mohs geboren, immatrikuliert sich 1799, ein Jahr nach Mohs, an der Bergakademie (nachträglich vergebene Immatrikulationsnummer 536).
- 4 Für Irland vgl. Krassmann, T.: Bergbau, Metallrohstoffe und Exploration in Irland. Mining, Metal Resources and Exploration in the Republic of Ireland = <http://www.mineral-exploration.de/mepub/irlandexplorationbergbau.pdf>, letzter Zugriff 28. August 2023.
- 5 Nachfolgend der Link zum Katalog der Freiburger Universitätsbibliothek und dem dort verfügbaren Online-Zugriff auf das Digitalisat: <https://katalog.ub.tu-freiberg.de/Record/0-774239948>

Sonderausstellung zum Steinkabinett von Heinrich Taddel (1714–1794) im Grünen Gewölbe: Früchte der Forschungs Kooperation zwischen den Staatlichen Kunstsammlungen Dresden und der TU Bergakademie Freiberg

Ulf Kempe, Michael Wagner, Andreas Massanek, Marius Winzeler, Gerhard Heide

Die Ausstellung war noch gar nicht eröffnet, da hätte der Bürgermeister von Prenzlau schon gerne Kontakt mit den Kuratoren aufgenommen. Gestern noch kannte kaum jemand den Namen des Goldschmieds und Geheimen Kämmerers Heinrich Taddel (1714–1794), der 46 Jahre lang im Auftrag des sächsischen Hofes das Grüne Gewölbe maßgeblich mitbetreute. Nun scheint er zu einem

bedeutenden Sohn der Stadt Prenzlau zu avancieren, wo er geboren wurde.

Zur Ausstellungseröffnung überreichte der Rektor der TU Bergakademie Freiberg dem Direktor des Grünen Gewölbes einen repräsentativen Malachit – denn der dekorative grüne Stein (laut Inventar ein „naturgewachsener Malachit“) unter dem Cister spielenden Bergmann auf der bekannten „Uhr mit dem

Bergsänger“ im Neuen Grünen Gewölbe (Inv.-Nr. VI 101) hat sich nach näherer Untersuchung als geschicktes Imitat erwiesen.

Mit dieser Sonderausstellung startete das Grüne Gewölbe seine Feierlichkeiten zum 300-jährigen Gründungsjubiläum, die sich wie die Erschaffung der Schatzkammer vor 300 Jahren über sechs Jahre erstrecken werden.

Pünktlich zur Vernissage im Neuen Grünen Gewölbe des Residenzschlusses Dresden am 22. Juni 2023 konnte ein gut illustrierter, umfangreicher Katalog vorgelegt werden, der als Gemeinschaftswerk von 18 Autorinnen und Autoren der Fachgebiete Mineralogie, Geologie, Archäologie, Kunsttechnologie und Restaurierung sowie Kunstgeschichte im Dresdner Sandstein Verlag erschienen ist. Er umfasst 256 Seiten mit knapp 500 Abbildungen und ist nicht nur inhaltlich gewichtig, sondern dank seiner professionellen Gestaltung auch optisch attraktiv.¹

All dies sind Folgen und Ergebnisse einer langjährigen Forschungs-kooperation zwischen den Staatlichen Kunstsammlungen Dresden (SKD), dem Institut für Mineralogie und den Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg (TU BAF). Sie waren wie die Ausstellung selbst nur durch die umfangreiche Unterstützung durch beide Institutionen und deren Förderer möglich.

Dabei begannen die gemeinsamen Arbeiten am Steinkabinett des Goldschmieds, Geheimen Kämmerers und späteren Inspektors Heinrich Taddel

aus Privatbesitz in das Grüne Gewölbe gekommen sein. Leider hatte es im Laufe der Jahre einige Beschädigungen und Verluste an den Beschriftungsetiketten der Gesteinsproben gegeben. Einige Tafeln fehlen ganz, so dass die Ordnung innerhalb der Gesteinssammlung und die korrekte Zuordnung zum historischen Katalog gänzlich verloren zu gehen drohten.

Im Jahre 2016 war ein Kooperationsvertrag zwischen den SKD und der TU BAF abgeschlossen worden, der eine Intensivierung der fachübergreifenden Zusammenarbeit in der wissenschaftlichen Forschung und studentischen Ausbildung zum Ziel hatte.² Im Rahmen dieses Vertrags sollte nun für das Taddelsche Steinkabinett eine durchgängige Neubestimmung des Gesteinsmaterials nach den der aktuellen Forschung entsprechenden Kriterien erfolgen. Nach Möglichkeit wurde auch die Feststellung der korrekten geographischen Herkunft der einzelnen Gesteinssorten angestrebt. Auf Grundlage der Ergebnisse sollte unter Hinzuziehung noch vorhandener Beschriftungen und Nummerierungen eine Neuordnung der Sammlung in möglichst genauer

Annäherung an den Originalkatalog erfolgen. Diese Untersuchungen nahmen letztlich einen Zeitraum von über fünf Jahren in Anspruch, allerdings mit vielen zusätzlichen, häufig überraschenden Erkenntnissen.

Wie sich herausstellte, war das

Steinkabinett schon im 18. Jahrhundert im Besitz des Dresdner Hofes. Für die Sonderausstellung im Sponselraum des Neuen Grünen Gewölbes ist ein Teil der Steintafeln zeitweilig in einen aus der Spätrenaissance stammenden prächtigen Kabinettschrank zurückgekehrt, in dem sich das Taddelsche Kabinett etwa 180 Jahre lang, mindestens von 1757 bis 1936, befunden hatte. 1757 war es Bestandteil des Kurprinzlichen sächsi-

schen Münzkabinetts im Palais auf dem Taschenberg. Es ist wahrscheinlich im Auftrag des damaligen Eigentümers, des späteren Kurfürsten Friedrich Christian I. (1722–1763), entstanden. In diesem Schrank kam es mit dem Münzkabinett nach dem Siebenjährigen Krieg wohl zunächst in das Grüne Gewölbe im Dresdner Residenzschloss und von dort 1786 in das umgebaute Japanische Palais auf der anderen Elbseite. 1815 veranlasste König Friedrich August I. (1750–1827) die Überführung des Schranks samt der Gesteinssammlung in die Kunstkammer im Zwinger, von wo beide 1832 mit der Auflösung der Kunstkammer wiederum in das Grüne Gewölbe gelangten.

Während der Nachforschungen wurde immer klarer, dass sich Heinrich Taddel, der das Steinkabinett zusammengestellt hatte, besonders in der Zeit des Siebenjährigen Krieges und danach große Verdienste in der Bewahrung und Rettung der Dresdner Kunstschatze erworben hatte. Ein Jahr nach dem Ende des Krieges erhielt er 1764 vom regierenden Prinz-Administrator Xaver (1730–1806) wohl auch deshalb die Erlaubnis für einen einjährigen (!) Erholungsurlaub und wurde 1768 gänzlich von seinen täglichen Dienstverpflichtungen im Grünen Gewölbe freigestellt – bei Fortzahlung des vollen Gehalts.

Bei der Suche nach den Herkunftsgebieten der im Steinkabinett von Taddel verwendeten Schmucksteinsorten wurden neben Geländebegehungen und der Auswertung von schriftlichen Quellen in größerem Umfang die Sammlungsbestände des Grünen Gewölbes, der TU Bergakademie Freiberg und der Senckenberg Naturhistorischen Sammlungen Dresden, wo sich die heute erhaltenen Belege aus dem kursächsischen Mineralienkabinett befinden, konsultiert. Wie sich zeigte, lassen sich dabei nicht nur Gesteine von denselben Fundorten, sondern auch direkte Gegenstücke von ein und demselben Rohstein, von dem die Täfelchen im Steinkabinett von Taddel geschnitten wurden, finden. Die verblüffend große Anzahl derartiger Funde illustriert zum einen den Umstand, dass gut nutzbare, wenig rissige größere Rohsteine in den Schmucksteinvorkommen selten waren und sorgfältig und sparsam verwendet wurden. Zum anderen lassen sie eine Rekonstruktion der verschiedenen Wege zu, die die einzelnen Stücke nach



Bei der Eröffnung der Sonderausstellung sprach die Generaldirektorin der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden, Prof. Marion Ackermann. In der ersten Reihe (von links) der Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, und der Direktor des Grünen Gewölbes und der Rüstkammer, Dr. Marius Winzeler, die beide ein Grußwort an die Anwesenden richteten.

eher unspektakulär. In den Sammlungen des Grünen Gewölbes haben sich 185 lose Gesteinstäfelchen erhalten, von denen lediglich 16 Stücke den Besuchern in der Dauerausstellung gezeigt werden. Auch ein originales Verzeichnis von ursprünglich 214 Steinen ist noch vorhanden, das auf der Titelseite den Namen von Heinrich Taddel trägt. Nach der Inventarnummer sollte das Steinkabinett erst 1937 durch Ankauf

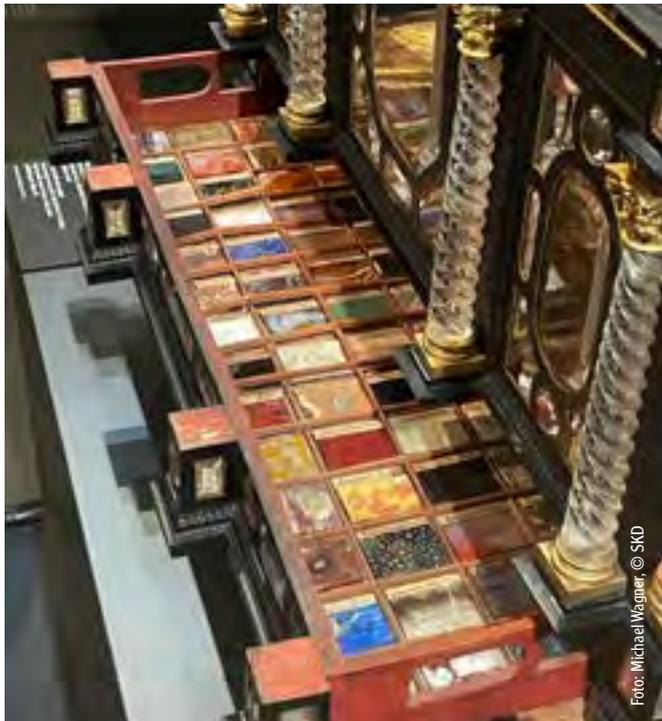


Foto: Michael Wagner, © SKD

Für die Zeit der Sonderausstellung war das Steinkabinett von Heinrich Taddel wieder in den Kunstkammerstrank aus der Spätrenaissance (Inv.-Nr. I 15) zurückgekehrt, in dem es etwa 180 Jahr lang aufbewahrt wurde.

der Trennung durch die Steinschneider über die Jahrhunderte genommen haben. Heinrich Taddel hat viele der Gesteinsproben, die er in seinem Steinkabinett präsentierte, später an den von ihm protegierten und bis heute berühmten Hofgoldschmied Johann Christian Neuber (1736–1808) weitergegeben. Dieser setzte sie an vielen seiner bekannten Werke ein: an Ziertischen, Tafelaufsätzen, einem Prunkkamin und in zahlreichen Tabaksdosen einschließlich seiner berühmten Steinkabinett Dosen – einer begehrten Form der damals modischen Steinsammlungen im Taschenformat. Neuber hatte sich vor allem auf kleinformatige Galanteriewaren spezialisiert, die durch die umfangreiche Verwendung insbesondere sächsischer Schmucksteine auffielen. Nachdem Heinrich Taddel 1794 gestorben war, musste der Hofgoldschmied aufgrund finanzieller Schwierigkeiten 1795 Bankrott anmelden. Im Herbst des Jahres wurden in einer zweiwöchigen Auktion große Teile seiner Werkstatt und vor

allem große Vorräte an bearbeiteten und unbearbeiteten Schmucksteinen öffentlich versteigert. Dabei gelangte viel Material an die Freiburger Bergakademie, wo es in den Privatsammlungen des bekannten Mineralogen Abraham Gottlob Werner (1749–1817), aber auch in der Freiburger Mineralienniederlage – der heutigen Vorratssammlung der universitären Mineralsammlung – teilweise bis jetzt erhalten blieb. Andere Stücke wurden für

Dresdner Privatsammlungen ersteigert und kamen später (zum Beispiel mit der bedeutenden Sammlung des Hofmarschalls zu Racknitz) in die königlich-sächsischen Mineralsammlungen.

Letztlich erlaubt die Untersuchung des Steinkabinetts über die Bestimmung des Gesteinsmaterials eine weitere Erschließung der Kollektionen des Grünen Gewölbes, in denen sich ungewöhnlich viele Objekte befinden, bei deren Herstellung und Ausschmückung der Steinschnitt eine größere Rolle gespielt hat. So konnte eine kunstvoll geschnittene und gefasste Schale aus sogenanntem „böhmischen Jaspis“ identifiziert werden, die um 1600 durch die Zusammenarbeit zweier begnadeter

Hofkünstler am Prager Hof des Kaisers Rudolf II. (1552–1612) entstand. Den hochqualitativen Steinschnitt besorgte der italienische Künstler Ottavio Miseroni (1567–1624), die Gestaltung der



Foto: Michael Wagner, © SKD

Eine bisher unbeachtete Schale aus dem Bestand des Grünen Gewölbes konnte anhand von Material, Steinschnitt und Fassung den kaiserlichen Werkstätten in Prag um 1600 zugeordnet werden (Steinschnitt: Ottavio Miseroni, Fassung: Jan Vermeyen).

originellen Fassung erfolgte durch den niederländischen Goldschmied Jan Vermeyen (1559–1606).

Aber auch über die genannten Sammlungen hinaus lieferten die Untersuchungen neue Erkenntnisse. So konnten in den Sammlungen des Schlosses Mosigkau im Gartenreich Dessau-Wörlitz zwei Steinkabinettische identifiziert werden, deren Herstellung sich nach der Analyse des verwendeten Steinmaterials der Werkstatt von Johann Christian Neuber zuordnen lässt. Einer der beiden Tische konnte dank des Entgegenkommens der Kulturstiftung Dessau-Wörlitz in der aktuellen Sonderausstellung gezeigt werden.

Von den in der Sonderausstellung und dem Begleitkatalog präsentierten Ergebnissen können sowohl die Staatlichen Kunstsammlungen Dresden als auch die TU Bergakademie Freiberg in vielfältiger Weise profitieren, ebenso wie weitere Museen und Forschungseinrichtungen. Für das Grüne Gewölbe eröffneten sich dadurch neue Perspektiven auf die Bedeutung des Steinkabinetts von Heinrich Taddel und auf die Geschichte dieser Sammlung. Die Forschungsergebnisse haben zusätzlich wesentliche Aspekte der Geschichte dieses Museums selbst und einiger seiner Objekte neu und tiefer erschlossen. Ganz ähnlich gibt es neue Erkenntnisse



Foto: Michael Wagner, © SKD

Ein Beispiel aus der Ausstellung, das zwei aus einem Rohstein geschnittene Objekte demonstriert. Die Struktur des Schlottwitzer Achats aus dem Steinkabinett von Taddel wiederholt sich bis in das kleinste Detail bei einer Tabakdose (Privatbesitz), deren Steinschnitt somit in das letzte Drittel des 18. Jahrhunderts datiert werden kann.



Foto: Michael Wagner, © SKD

In der Ausstellung wurde einer von zwei Sammlungstischen mit herausnehmbaren Gesteinsplatten gezeigt, der aus dem Schlossmuseum Mosigkau bei Dessau stammt und nach der Analyse des Gesteinsmaterials nun der späten Werkstatt des berühmten Goldschmieds Johann Christian Neuber (1736-1808) zugeordnet werden kann.

zu den Freiburger Mineral-sammlungen und zu deren Geschichte und Bedeutung.³ Ein positiver Nebeneffekt der Arbeiten war die Korrektur von Fehlern und Präzisierung von Ungenauigkeiten besonders bei den Gesteinsansprachen zu verschiedenen Objekten im Sammlungsbestand beider Institutionen. Und letztlich konnte die Sammlung von Heinrich Taddel selbst weitgehend wieder geordnet und neu bestimmt werden. Die erfolgreichen Untersuchungen am und um das Steinkabinett sind ein klassisches Beispiel dafür, dass wissenschaftliche Sammlungen ein wichtiger Bestandteil der Forschungsinfrastruktur in Sachsen sind.

Die Sonderausstellung im Sponselraum des Neuen

Grünen Gewölbes fand vom 22.06. bis 09.10.2023 statt. Der dazu erschienene Katalog ist im Buchhandel erhältlich (ISBN 978-3-95498-751-1).

- 1 Staatliche Kunstsammlungen Dresden; TU Bergakademie Freiberg; Gerhard Heide; Ulf Kempe; Michael Wagner; Marius Winzler (Hsg.): »... die Schönheit der ganzen Welt« Heinrich Taddel und sein Steinkabinett im Grünen Gewölbe. Sandstein Verlag, Dresden, 2023.
- 2 Ulf Kempe, Michael Wagner, Rainer Richter, Eve Begov, Andreas Massanek, Ulrike Weinhold, Andreas Frauendorf, Martin Wagner, Michael Gäbelein, Gerhard Heide, Dirk Syndram: Fünf Jahre Zusammenarbeit zwischen den Staatlichen Kunstsammlungen Dresden und der TU Bergakademie Freiberg. Im Spannungsfeld zwischen Kunst und Geologie. ACAMONTA 28 (2021), S. 110f.
- 3 Ausgewählte Beispiele aus der Oryktognostischen Sammlung von Abraham Gottlob Werner von Gegenständen zum Steinkabinett von Taddel: Jaspis: <http://digital.slub-dresden.de/id1738000184/1091>, Hornstein: <http://digital.slub-dresden.de/id1738000184/860>, <http://digital.slub-dresden.de/id1738000184/887>, Vulkanischer Tuff: <http://digital.slub-dresden.de/id1738000184/929>, <http://digital.slub-dresden.de/id1738000184/941>

Drei Ausstellungen zum Thema Achat

Andreas Massanek, Jens Götze, Maximilian Mrozik, Christin Kehrer, Michael Gäbelein

Am 24. März 2023 wurde die bis zum Jahresende laufende Sonderausstellung „WUNDER.WELT.ACHAT – Faszination zwischen Mythos und Wissenschaft“ eröffnet. Es ist die erste dezentrale Ausstellung, die zeitgleich in der terra mineralia im Schloss Freudenstein, in der Mineralogischen Sammlung Deutschland im Krügerhaus und in den Geowissenschaftlichen Sammlungen im Wernerbau gezeigt wird. Zur Eröffnung fand ein Kolloquium im Großen Hörsaal des Wernerbaus statt. Der Andrang war phänomenal – es mussten noch Stühle herbeigebracht werden, da die Sitze des Hörsaals für die vielen Achatfreunde nicht ausreichten. Prof. Jens Götze führte mit einem Übersichtsvortrag in das Thema ein und erläuterte viele Aspekte zur Genese, Vorkommen und Verwendung von Achaten. Dabei ging er auch auf Eigenschaften wie Färbung und Lumineszenz ein. Maximilian Mrozik stellte die Ergebnisse seiner Masterarbeit vor. Er referierte über die Eigenschaften und Entstehung der Achaten Nordmexikos. Den Abschluss bildete eine spannende Reisebeschreibung von Holger Quellmalz, der die Zuhörer in die Weite Argentiniens im Bundesstaat San Rafael zu den entlegensten Fundorten mitnahm.

Das Konzept der Ausstellung lehnt sich

an die Grundkonzepte der einzelnen Häuser an. In der terra mineralia kann man eine „Achat-Reise“ rund um die Welt erleben, sie ist wie auch in den anderen Ausstellungsräumen nach Kontinenten, Ländern und Fundstellen regional geordnet. Dazwischen gibt es Vitrinen, Mitmachstationen und Wissenstafeln, an denen die Besucher vertiefende Informationen erhalten können. Im Krügerhaus sind Achaten aus ganz Deutschland zu sehen und im Wernerbau werden drei Achatensammlungen vorgestellt, die die Geowissenschaftlichen Sammlungen in den letzten Jahren von Privatsammlern bekommen haben. Die Konzeptidee stammt von Prof. Jens Götze, der sich als Professor für Technische Mineralogie schon seit Jahrzehnten mit SiO_2 -Rohstoffen beschäftigt und sich auch privat für Achaten interessiert. Die Ausstellung war schon lange geplant, musste aber auf Grund der Corona-Pandemie und der eingeschobenen Stöckli-Ausstellung mehrmals verschoben werden.

Wenn die Besucher in der terra mineralia die Treppe ins Untergeschoss nehmen, erblicken sie schon vor Betreten des Sonderausstellungsraums die ersten „eye catcher“: phantastische Objekte der namhaftesten deutschen Edelsteinkünstler. Schon von Weitem beeindruckende Achatplastiken von



Foto: Maximilian Mrozik

Bild 1: Der Eingangsbereich zur Sonderausstellung in der terra mineralia mit wunderbaren Kunstwerken von Manfred Wild und Andreas Roth.

Manfred Wild aus Kirschweiler, Kameen von Andreas Roth aus Idar-Oberstein und kunstvoll geschliffene Schalen von Bernd Hartmann aus Schauern. Aber auch die von einem Privatsammler aus Markkleeberg gefertigten Schmuckstücke aus Landschaftsachat rufen beim Betrachter Erstaunen und Bewunderung hervor. Danach folgt eine kleine Einführung zum Thema Achat.



Foto: Maximilian Mrozik

Bild 2: Faszinierende Nahaufnahmen, die Strukturen in Achaten zeigen, trugen zur Gestaltung der Räume bei.

Den Besuchern wird an Beispielen des Schlottwitzer Trümmerachats der Weg vom Rohstein zum Achatanschliff aufgezeigt. Eine Bilderserie dokumentiert die Herstellung von kunstvollen Achatobjekten vom Abbau in einem Steinbruch bis in die Graviermanufaktur. Auf den ersten Tafeln wird erläutert, was Achat ist und wie seine charakteristische Bänderung entsteht. Bevor die Achat-Rundreise um die Welt beginnt, zeigt die erste Vitrine die verschiedenen Achattypen, die sich aus der Art ihrer Entstehung ableiten. Dann geht es zuerst nach



Bild 3: In der terra mineralia konnten etwa 350 Achatobjekte in 16 Vitrinen bestaunt werden.



Bild 4: Achat, Tizerine, Ighrem N'Ougdjal, Amerzgane, Ouarzazate, Drâa-Tafilalet, Marokko. 8 x 7,5 cm. Sammlung Joshua Ritter.



Bild 5: Achat, Ngabu, Chikwawa, Südregion, Malawi. 7 x 6 cm. Sammlung Joshua Ritter.

Afrika. Hier sind die wohl spektakulärsten Achate im Hohen Atlas in Marokko zu finden. Dann folgen Achate aus Botswana, Namibia und Malawi. Die farbenfrohen Achate aus letzterem Land wurden erst vor wenigen Jahren entdeckt. Es schließen sich nun Achate aus Asien an. Neben schön gebänderten Objekten aus Indonesien, Tadschikistan, Russland, dem Irak und der Mongolei ist eine Vielzahl von Achaten von chinesischen Fundorten zu sehen. Im folgenden Raum werden Fundstellen vom amerikani-



Bild 6: Achat, Xuanhua, Hebei, China. 6 x 6 cm. Sammlung Joshua Ritter.

schen Kontinent vorgestellt. Es beginnt mit Mexiko. Hier gibt es besonders im Bundesland Chihuahua im Norden des Landes viele bedeutende Fundorte. Die Achate zeichnen sich durch eine sehr feine Bänderung und Farbenvielfalt aus. Auch Argentinien hat wunderschöne Achate, wenngleich qualitativ hochwertige Exemplare dort viel schwerer zu finden sind. Hier sticht ein besonderes Exemplar heraus, das den Farben einer wild lodernden Flamme gleicht. Es wurde schon auf mehreren internationalen Ausstellungen zum schönsten Achat gewählt.



Bild 7: Dieser Achat wurde auf mehreren internationalen Ausstellungen zum schönsten Achat der Welt gewählt. Er kommt aus San Rafael, Mendoza, Argentinien. 12 x 20 cm. Sammlung Uwe Reier.



Bild 8: Achat, Rancho Agua Nueva, Sierra del Gallego, Chihuahua, Mexiko. 9 x 5 cm. Sammlung Joshua Ritter.

Die Klassiker sind sicherlich die Achate aus Brasilien und Uruguay. Sie wurden von deutschen Auswanderern bereits im 19. Jahrhundert im Bundesstaat Rio Grande do Sul entdeckt und nach Deutschland exportiert. So verhalten sie der Achatverar-

beitung im Raum Idar-Oberstein zu neuem Aufschwung. Besonders schön sind Stücke, wo der Achat gemeinsam mit Amethyst auftritt. In den USA kommen Achate in 41 Bundesstaaten vor, wobei die Funde aus Montana, Kentucky, Oregon und New Mexico am schönsten sind. Im letzten Raum werden Achate aus Europa gezeigt. Sie stammen zum Beispiel aus Fundstellen aus Polen und Tschechien, Frankreich und Rumänien, Schottland und Ungarn sowie der Türkei.

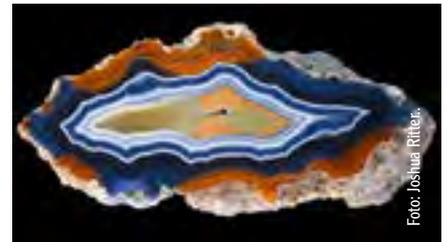


Bild 9: Achat, Çubuk, Ankara, Zentralanatolien, Türkei. 7,5 x 3,5 cm. Sammlung Joshua Ritter.

Achatfunde aus Rheinland-Pfalz, dem Saarland, Thüringen und Sachsen ergänzen die Übersicht über die europäischen Fundgebiete. Der letzte Abschnitt des Rundgangs komplettiert zunächst die Achat-Rundreise mit einer Vitrine australischer Achate und führt dann zu einer Vitrine mit besonderen Achatbildungen. Dort ist unter anderem ein



Bild 10: Achat aus 3,48 Milliarden Jahre altem Gestein. Fundort Warrawoona, Marble Bar, Pilbara, Westaustralien. 15 x 7 cm. Sammlung Dr. Manfred Jäkel

Achat aus 3,48 Milliarden Jahre alten metamorphisierten rhyolithischen Tuffen von Warrawoona in Westaustralien zu sehen, ein Vertreter der bisher ältesten Achate



Bild 11: Bilderachat aus Tizerine, Ighrem N'Ougdjal, Amerzgane, Ouarzazate, Drâa-Tafilalet, Marokko. 7 x 7 cm. Sammlung Joshua Ritter.

weltweit. Die absolute Begeisterung der Besucher erregt eine Vitrine mit „Bildern im Achat“. Hier kann man seiner Fantasie freien Lauf lassen – Gesichter, Tiere, Pflanzen und sogar ein Krümelmonster kann man entdecken. Am Ende steht das Thema der Verwendung von Achat – vom Mörser für Laboratorien über Achatschalen bis hin zum Besteckgriff sind hier viele Beispiele zu sehen. Zur Gestaltung des Raums tragen viele Großfotos bei, die Mikrostrukturen in Achaten offenbaren. Dadurch angeregt können sich die Besucher selber an einer der Mitmachstationen ausgewählte Achate mit interessanten Einschlüssen unter einem Mikroskop betrachten.



Bild 12: Beim Blick durchs Stereomikroskop konnten die Besucher in den Mikrokosmos vordringen.

In der Mineralogischen Sammlung Deutschland im Krügerhaus wurde die Achatvitrine neugestaltet und einige Objekte ausgetauscht. Hier sind Achate und Amethyste von verschiedenen deutschen Fundorten zu sehen. Das reicht von den bekannten Fundstellen in Westsachsen bei St. Egidien und Hohenstein-Ernstthal über die Freiburger Region bei Halsbach und Frauenstein bis nach Schlottwitz in Ostsachsen; von den Schneekopfkugeln aus dem Thüringer Wald über Funde aus dem Schwarzwald bis in die für ihre Achate und Verarbeitung berühmte Region um Idar-Oberstein in Rheinland-Pfalz. Besonders beeindruckend ist eine Scheibe des größten bisher in Sachsen gefundenen Achats von fast einem Meter Breite. Der Block wurde nach dem verheerenden Hochwasser von 2002 im Böschungsbereich der Müglitz in der Nähe von Schlottwitz freigelegt und geborgen.

Im Wernerbau begegnet man der Son-



Bild 13: Die bekannte Achat- und Amethystausstellung in der Mineralogischen Sammlung Deutschland im Krügerhaus wurde neugestaltet.

derausstellung bereits im Treppenhaus. Die erste Vitrine zeigt Achat und Amethyst, die Rolf Böhme aus Dresden der Freiburger Sammlung übergeben hat. Er hatte beim Goldwaschen in der Kiesgrube Zschieren bei Dresden Achat- und Amethystgerölle unterschiedlicher Ausbildung gefunden und sich für die ursprüngliche Herkunft interessiert. Im Laufe vieler Jahre hat er dann die Gegend um Schlottwitz bereist und durchwandert und dort viele Fundstellen aufgesucht und genauestens dokumentiert. In der zweiten Vitrine sind Achate aus Ebersbach ausgestellt. Ebersbach liegt zwischen Bad Lausick und Rochlitz am Südwestrand des Nordwestsächsischen Vulkanitkomplexes. Hier waren in den 1980er Jahren Feldfunde möglich, nachdem Weideland in Ackerflächen umgewandelt wurde. Die an dieser Stelle präsentierten Objekte stellen eine kleine Auswahl aus mehreren Hundert Achaten aus der Sammlung André Gloger aus Leipzig dar. In acht Pultvitrinen im Foyer der Geowissenschaftlichen Sammlungen werden Achat- und Amethystgerölle aus der Kiesgrube Hirschfeld bei Leipzig gezeigt. In dieser Kiesgrube werden alte Schotterterrassen abgebaut, die der Fluss Mulde hinterlassen hat. Der Ursprung der hier zu findenden Gerölle liegt sowohl im Einzugsgebiet der Freiburger Mulde (z. B. Achate aus Halsbach und Hartmannsdorf bei Frauenstein sowie dem Raum Leisnig), der Zwickauer Mulde (z. B. Achate von Rochlitz) und der Zschopau (z. B. Amethyste von Wolkenstein, Wiesenbad, Drebach und Herold). Ein weiteres Liefergebiet ist der Raum Mutzschen-Müglitz-Kemmlitz-Querbitzsch im Nordwesten

Sachsens, wobei der Transportweg in die Hirschfelder Gegend noch nicht geklärt ist. In der Ausstellung werden die Achate und Amethyste aus der Kiesgrube ausgewählten Beispielen mit bekanntem Originalfundort gegenübergestellt, um die mögliche Herkunft zu verdeutlichen. Die äußerst umfassende Sammlung von der Kiesgrube Hirschfeld ist eine phantastische Lagerstättendokumentation. Sie wurde von Jens Häusler aus Chemnitz, der ursprünglich aus Leipzig stammt, zur Verfügung gestellt.

Neben den im Text erwähnten Sammlern und Künstlern möchten wir uns bei den vielen Leihgebern bedanken, die diese Ausstellung ermöglichten. Das sind Joshua Ritter aus Dresden, Dr. Ulrich Georgi aus Belgern, Dr. Manfred Jäkel und Bernd Eulitz aus Freiberg, Helmut Schumann aus Schallenburg, Barbara und Peter Prüfer aus Holzminden, Uwe Reier aus Leippe, Harry Rost aus Mutzschen, Siegbert Kamitz aus Elgersburg, Familie Thomas aus Schlottwitz und Petra Fink-Sterba aus Dresden. Für die weitere Unterstützung danken wir den Mitarbeitern der Geowissenschaftlichen Sammlungen Katrin Treptow, Steffi Ungar und Daniel Hamann, dem Praktikanten Noah Lewark, den Mitarbeitern der terra mineralia Mohsen Mollashahi, Christina Seifert und Andrea Riedel, den Uni-Elektrikern, der Fahrbereitschaft, dem Medienzentrum, den Herren Alfons Rohner, Haik Bauer, Oliver Fox und Sebastian Schmuck, den Firmen Ungermeier, grafische Angelegenheiten, Berlin, Die-1 Umzüge Dresden, dem



Bild 14: Achate aus der Kiesgrube Hirschfeld bei Leipzig im Foyer der Geowissenschaftlichen Sammlungen im Abraham-Gottlob-Werner-Bau.

Werbeservice Freiberg, dem Diakonischen Werk Freiberg e.V., Freiburger Werkstätten „Friedrich von Bodelschwingh“, der Schotter- und Kies-Union GmbH & Co. KG Leipzig und dem Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg.

Ein Skelett erzählt Stahlbaugeschichte – Das Konstruktionsmodell „Palast der Republik“ im Bestand der Kustodie der TU Bergakademie Freiberg

Andreas Benz, Volker Mende

Der VEB Metalleichtbaukombinat (MLK) war das größte Baukombinat der DDR im Bereich Stahlhochbau. Es bot eine breite Palette getypter und weitgehend serieller Erzeugnisse an. Im Zentrum standen kompakte bauliche Hüllen für die Industrie und Landwirtschaft in Form von Tragwerken, Fachwerk- und Rahmenkonstruktionen sowie ein- und mehrgeschossige Mehrzweck- und Gesellschaftsbauten. Seit seiner Gründung im Jahr 1969 betrieb das Kombinat im Zweigwerk Niesky eine eigene Modellwerkstatt. Dort wurden in den darauffolgenden zwei Jahrzehnten maßstabsgetreue Modelle gefertigt, die dem MLK als Präsentations- und Werbemittel auf internationalen Messen dienten. Mitte der 1990er Jahre kamen die noch erhaltenen achtzig Modelle in die Kustodie der TU Bergakademie Freiberg (Albrecht/Benz/Mende). Seit 2021 wird der Bestand im Rahmen des DFG-SPP-Gemeinschaftsprojekts „Entwicklung des Stahlleichtbaus in der DDR“ des Instituts für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG) und dem Institut für Stahlbau an der TU Braunschweig untersucht.¹

Im Zuge des Projekts konnte ein Modell identifiziert werden, welches mit einer Grundfläche von 255 cm x 165 cm nicht nur das größte des Bestands ist. Vielmehr handelt es sich wohl auch um das bedeutendste Hochbauprojekt der DDR überhaupt, dessen Errichtung vor genau fünfzig Jahren begann: der „Palast der Republik“ in Berlin.



Abb. 1: Der „Palast der Republik“, © Informationsbroschüre des VEB MLK um 1985, unbek. Fotograf, StA Niesky, Slg. MLK)

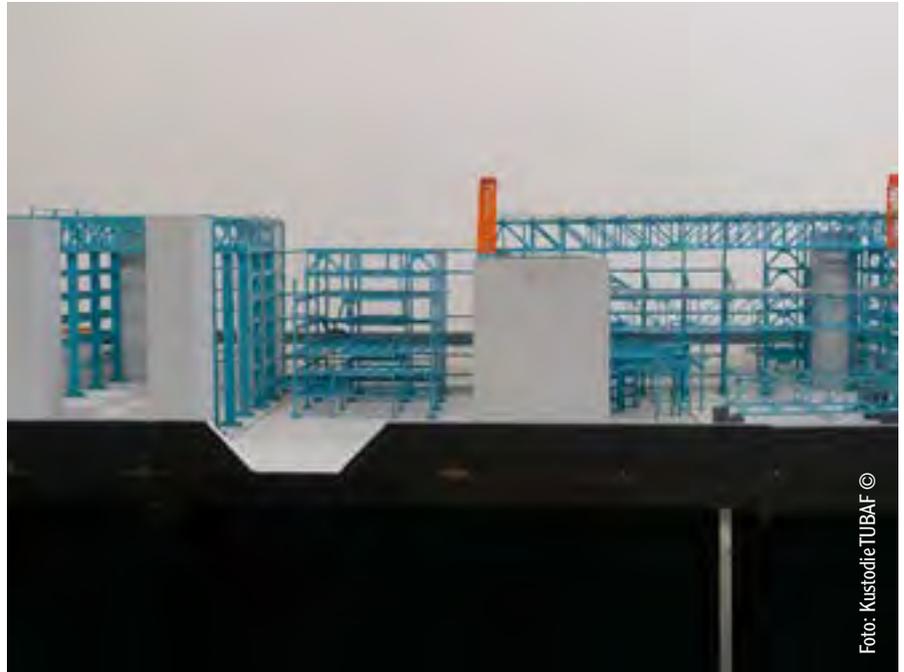


Abb. 2: Modell „Palast der Republik“, M 1:100, Südwestfassade, im Vordergrund die Baugrubeneinfahrt

Am 27. März 1973 beschloss das Politbüro der SED den Bau des „Palastes der Republik“. Die Planung vollzog sich in atemberaubendem Tempo. Bereits am 2. November des Jahres legte Erich Honecker den Grundstein „für ein schönes und bedeutsames Bauwerk im Zentrum der Hauptstadt unserer Deutschen Demokratischen Republik, Berlin“ (Kuhmann, 58). Ein Jahr später, am 18. November 1974, beschloss Obermeister Oskar Zimmermann seinen Richtspruch: „Denn hinter diesen festen Marmorsteinen, da schlägt das Herz der ganzen Republik!“ (Kuhmann, 60). Dieser Satz und der politische Nutzungszweck des Bauwerks prägen noch heute die kunst- und architekturhistorische Betrachtung.

Was dagegen in der architekturhistorischen Literatur fehlt, sind Aussagen zum Stahlbau und insbesondere zum Tragwerk. So finden sich auch in den überlieferten Architekturentwürfen und Modellfotos keinerlei Aussagen zur Ingenieurkonstruktion. Diese Informationslücke kann das Modell aus dem MLK-Bestand der Kustodie der TU Bergakademie schließen.



Abb. 3: Baufoto „Palast der Republik“ von Südost, Bodenmontage des ersten 87-Meter-Dachbinders, die Hubkonstruktion ist bereits aufgesetzt (aus: Büttner/Hampe, 416)



Abb. 4: Modell „Palast der Republik“, M 1:100, Hebung des vierten Dachbinders, der auch im Modell frei an der Verrollbühne schwebt

Foto: Kustodie TUBAF ©

Foto: Kustodie TUBAF ©

Zunächst einmal bildet das Modell die konstruktionstechnische Leistung des MLK im Falle eines individuellen Großbauprojekts ab. Anhand von Zeichnungslisten und Fotos aus dem Werksarchiv lässt sich erkennen, welche hohe Auslastung (und Belastung) die Vorfertigung des Stahltragwerks für die Werke des Kombinats bedeutete. Hinzu kommt, dass das MLK nicht nur die wesentlichen Stahlbauteile des Palastes, sondern auch alle Stahlbauteile der benachbarten Rathausbrücke lieferte (StA Niesky).



Abb. 5: Baufoto „Palast der Republik“ von Südost, ein Dachbinder ist im Aufsetzen befindlich, der folgende wird vor dem Hub mit Dachplatten belegt (aus: Büttner/Hampe, 417)

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Funktionsmodell, das die Stahlbaumontage des Tragwerks zeigt. Die drei Modellplatten lagern auf einem dünnen Fußgestell, der Untergrund aus Spanplatten wird von einer eingetieften Fläche gebildet, neben welcher eine längsdurchgehende randliche Rinne verläuft. Es ist mit feinen Strichlinien versehen, welche ein 12 x 9 Meter-Raster darstellen, wodurch dem Modell der Maßstab 1:100 zugewiesen werden konnte. Alle lastabtragenden Elemente des Originals sind aus verlöteten Stahlstäben nachgebildet. Neben acht Stahlbeton-Gleitkernen, hier als hellgraue, hölzerne Aufsätze ausgebildet, stehen drei Bauabschnitte mit filigran gefertigten Metalltragwerken. Blickt man von der Baugrubenrampe, die es so im Original ebenfalls gab, auf das Modell, ist links der Bauabschnitt „Volkskammersaal“, mittig die Ostseite des Foyers und rechts der sich in Konstruktion befindliche „Große Saal“. Die randliche Rinne soll die Spree nebst den begleitenden Brücken darstellen.

Während das Stahltragwerk im für

die MLK-Modelle typischen Blauton lackiert ist, sind die ungewöhnlichen Aufsätze orangefarben gefasst. Über ein Hubportal mit Verrollträger wird hier mittels Seilwerk ein 87-Meter-Binder vom Montageplatz auf dem Kellerfundament in seine Endposition gehoben. Die abweichende Färbung kennzeichnet demnach eine temporäre Montagehilfskonstruktion. Fotos, die den Zwischenstand der Modellbauarbeiten dokumentieren, zeigen mehrere koordinierte Winden, die jedoch am heutigen Modell fehlen. Zusätzliche Aussteifungen sichern die Montageaufsätze gegen seitliches Ausweichen.

Die Stahlbaumontage erfolgte von März bis November 1974. Was die Saalbinder betrifft, so zeigt das Modell den ungefähren Bauzustand im Frühsommer 1974. Originalbilder der Baustelle vom Juni 1974 belegen jedoch, dass zu diesem Zeitpunkt mit dem Bau des Foyers noch nicht begonnen war. Es ist daher anzunehmen, dass das Funktionsmodell die drei Bauabschnitte ideal paritätisch zur Darstellung bringt und es sich nicht um eine „taggenaue“ Wiedergabe handelt. Dies ist auch nachvollziehbar, schließlich sollten mit dem Modell die vielfältigen Nutzungsansprüche und die mit einer in der DDR erstmals angewandten Tragwerkskonstruktion



Abb. 6: Dokumentation einer Frühphase des Modells „Palast der Republik“ in der Modellbauwerkstatt, vorne die nicht mehr erhaltenen Stahlseilwinden der Verrollbühne (© unbek. Fotograf, StA Niesky, Slg. MLK)



Abb. 7: Modell „Palast der Republik“, M 1:100, Ähnliche Sicht wie Abb. 6, das Modell ist hier bereits idealisierend vervollständigt

bewältigten Traglasten hervorgehoben werden. Gestützt wird diese Annahme durch einen Zeitzeugen aus dem MKL, der an der Präsentation des Modells auf der Leipziger Messe beteiligt war.

Das Modell ist in mehrfacher Hinsicht ein bedeutsames historisches Zeitzeugnis. Einzigartig ist die Funktionsdarstellung während des Baus, mit der auch die konstruktionstechnische Leistung des MLK gewürdigt wird. Darüber hinaus handelt es sich höchstwahrscheinlich um das einzige erhaltene zeitgenössische Modell des Palastes, das der öffentlichen Repräsentation diene. Diesem wird im kommenden Jahr gebührend Rechnung getragen, wenn das Objekt für die Sonderausstellung „Der Palast der Republik ist Gegenwart“ im Humboldt-Forum zu sehen sein wird. Nach einer professionellen Restaurierung kehrt das Modell dann an jenen Ort zurück, wo sich das Original einst befand.

¹ <https://kulturerbe-konstruktion.de/spp-2255-teilprojekt/stahl-und-metalleichtbau-in-der-ddr-c4/>

Literatur:

Albrecht, Helmuth; Benz, Andreas; Mende, Volker: Großes Bauen, ganz klein – Die Modelle des VEB Metalleichtbaukombinats und das SPP-DFG-Projekt „Stahl- und Metalleichtbau in der DDR“, in: *Acamonta* 29 (2022), S. 143-145.

Aufbauleitung Sondervorhaben Berlin (Hrsg.): *Der Palast der Republik und seine Erbauer 1973-1976*, Berlin 1976.

Büttner, Oskar; Hampe, Erhard: *Bauwerk-Tragwerk-Tragstruktur. Klassifizierung-Tragqualität-Bauwerkbeispiele*, Berlin 1985.

Gißke, Erhard; et al.: *Palast der Republik – Tagungsstätte des IX. Parteitag*, in: *Bauplanung-Bautechnik* 20 (1976), S. 229-235.

Graffunder, Heinz; Swora, Karl Ernst: *Palast der Republik*, in: *Architektur der DDR* 25 (1976), S. 529-547.

Graffunder, Heinz; Beerbaum, Martin: *Der Palast der Republik*, Leipzig, 1977.

Kuhrmann, Anke: *Der Palast der Republik – Geschichte und Bedeutung des Ost-Berliner Parlaments- und Kulturhauses* (Studien zur Internationalen Architektur- und Kunstgeschichte 49), Petersberg 2006.

StA Niesky, Slg. MLK: *Verzeichnis der Zeichnungen ab Juli 1975 bis September 1978*.

Weinhold, Ulrich: *Abriß des Modellbaus von 1969 bis 1990 für den Industriezweig Stahlbau der DDR*, in: *Sächsische Landesstelle für Museumswesen* (Hrsg.): *Technische Modelle als Museumsbestand – Berichte und Erfahrungen*, Chemnitz, 1999, S. 33-36.

International

Neuer Joint Master für verantwortungsvollen Konsum und Produktion

Mit zunehmender Bedeutung der verantwortungsvollen Nutzung natürlicher Ressourcen und der nachhaltigen Entwicklung von Gesellschaft, Industrie und Politik gewinnen die Bereiche nachhaltige Entwicklung, Bergbausanierung, Kreislaufwirtschaft und Verbraucherverhalten immer mehr an Relevanz. Angesichts dieser Schlüsselthemen hat die europäische Universität für verantwortungsvollen Konsum und Produktion (EURECA-PRO) ein neues Studienprogramm entwickelt, das künftigen Absolvent*innen ein umfassendes Verständnis für die technologischen und betriebswirtschaftlichen Herausforderungen vermitteln und ihnen helfen soll, einen Nachhaltigkeitsansatz in ihren Arbeitsbereich zu integrieren.

Das Studienprogramm, das im akademischen Jahr 2023/24 startet, wird vollständig in englischer Sprache unterrichtet. Die Studierenden beginnen ihr Studium an der Montanuniversität Leoben (Österreich), setzen es an der TU Bergakademie Freiberg (Deutschland) fort und absolvieren das dritte Semester an der Universidad de León (Spanien). Das letzte Semester dient dem Verfassen der Masterarbeit und kann an einer der drei Partneruniversitäten absolviert werden. Beim Joint Master erhalten die Absolventen ein Diplom der drei beteiligten Universitäten.



Wollen - Können - Bleiben – Freistaat will internationale Studierende für Studium und Arbeit in Sachsen gewinnen

Ellen Weißmantel

Am 4. November 2022 veranstaltete die Landesrektorenkonferenz Sachsen und das Sächsische Wissenschaftsministerium eine Fachtagung mit rund 50 Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung zu Möglichkeiten der Gewinnung internationaler Studierender für Sachsen und sie über das Studium hinaus in Sachsen zu halten.

Die Fachtagung unter dem Motto „Wollen - Können - Bleiben“ ist Teil der Fachkräftestrategie des Freistaats, die im August 2022 mit einem Maßnahmenplan vom Sächsischen Kabinett verabschiedet wurde. Dieser Maßnahmenplan sieht verschiedene Ansätze vor, um das Ziel, mehr internationale Studierende anzuziehen, zu erreichen, wie:

- Bekanntmachung des Studienstandorts Sachsen durch gezielte Marketingmaßnahmen in ausgewählten Zielländern,
- Steigerung der Studierenerfolgsquote bei internationalen Studierenden,
- Aufbau und Unterstützung von Netzwerken zwischen Hochschulen, Studierenden und Unternehmen bzw. Institutionen.

Auf der Fachtagung debattierten die Fachleute über die aktuellen Rahmenbedingungen und wie der Zugang zum Hochschulsystem in Deutschland generell und speziell in Sachsen

verbessert werden kann. Dazu gehören neben dem Ausbau unterstützender Instrumente wie Stipendien vor allem der Abbau von Hürden im Zugang zur akademischen Ausbildung.

Ein Fazit der Fachtagung war, dass es wichtig ist, klare Perspektiven für die Studierenden zu schaffen, warum gerade sie mit ihrem in Sachsen erworbenen Abschluss in der Wirtschaft benötigt werden und welche guten persönlichen Entwicklungschancen sich daraus ergeben können.

Wissenschaftsminister Sebastian Gemkow betonte bei der Veranstaltung die Bedeutung der Fachkräftesicherung als eine der wichtigsten politischen Aufgaben der kommenden Jahre. Hierbei sei die Einbindung internationaler Studierender in den heimischen Arbeitsmarkt von Anfang an zu berücksichtigen, wofür die Zusammenarbeit von Unternehmen, Hochschulen und Politik erforderlich sei.

Der Vorsitzende der Landesrektorenkonferenz und Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, unterstrich die Notwendigkeit einer klaren Struktur für den Zugang zum sächsischen Hochschul- und Arbeitsmarkt. Dabei müssten niedrigschwellige und digitale Möglichkeiten geschaffen werden, um ausländischen Studierwilligen ein Studium an einer sächsischen Hochschule zu ermöglichen. Dazu gehörten nicht nur die Immatrikulationsbedingungen, sondern auch die Regelungen zum Aufenthaltsrecht und zur Arbeitserlaubnis.

Studierende aus Mosambik an der TUBAF

Ingrid Lange

Historie

Mit Mosambik verbindet Sachsen seit DDR-Zeiten eine lange Bergbautradition. Das Land ist reich an unterschiedlichen Rohstoffen: Neben Vorkommen an NE-Metallen, Tantal, Halbedelsteinen, Erdöl und Erdgas gibt es umfangreiche Steinkohlenlagerstätten. Nach dem Unabhängigkeitskrieg Ende der 70er-Jahre brauchte Mosambik dringend Know-how und gut ausgebildete Fachkräfte für den Wiederaufbau. So entsandte man knapp 20.000 junge Männer zum Arbeiten und Studieren in die DDR.

An der Bergakademie Freiberg wurde der erste Student aus Mosambik 1969 immatrikuliert. Bis 1989 waren es insgesamt 39 Mosambikaner. Ebenso unterstützte die Bergakademie das afrikanische Land durch die Entsendung von Dozenten an die Universität Maputo.

Einige der Alumni, die bis heute eine enge Verbindung nach Freiberg halten, haben mittlerweile einflussreiche Positionen in Unternehmen und Ministerien inne, wie beispielsweise der mosambikanische Generalinspektor im Ministerium für Bergbau und Energie (MIREME), Obete Matine. Durch die geschaffenen, außerordentlich engen persönlichen Beziehungen der Freiburger Dozenten in Maputo bzw. der nach Mo-

sambik zurückgekehrten Alumni hatte die Verbindung auch nach der politischen Wende Bestand.

Seit Beginn der 2000er Jahre sind wieder regelmäßig sächsische Bergbauexperten in der mosambikanischen Hauptstadt Maputo zu Gast, um das dortige Ministerium für mineralische Ressourcen und Energie (MIREME) z. B. in Fragen der Verbesserung der Bergbausicherheit zu beraten.

Seit etwa 2012 unterstützt das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) das MIREME, z. B. bei der Schaffung rechtlicher und institutio-



Ankunft der zweiten Studierendengruppe, November 2015



Foto: Torsten Mayer

Empfang der fünften Studierendengruppe aus Mosambik mit Vertretern von MIREME, Mai 2023

neller Rahmenbedingungen. Dabei geht es insbesondere um den Auf- und Ausbau von Kooperationen. Sachsen kommt hierbei durch seine spezifischen Kompetenzen im Rohstoffbereich eine besondere Bedeutung bei. Einbezogen sind u.a. das Sächsische Oberbergamt, die TU Bergakademie sowie das Geokompetenzzentrum Freiberg e.V.

Im Juni 2023 unterzeichnete der Vize-Ministerpräsident und Wirtschaftsminister Martin Dulig mit dem mosambikanischen Minister für Bergbau und Energie Carlos Zacarias eine weitere Vereinbarung, welche den regelmäßigen Austausch zu Fragen der Rohstoffwirtschaft und des Bergbaus zum Inhalt hat.

Studierende an der TUBAF ab 2014

Als im September 2013 die damalige Bergbauministerin der Republik Mosambik, Frau Esperanza Bias, auf Einladung des sächsischen Wirtschaftsministers nach Sachsen bzw. an die TU Bergakademie Freiberg kam, war dies der Beginn eines mittlerweile 10 Jahre währenden Erfolgsprojekts zur Ausbildung hoch motivierter junger mosambikanischer Menschen an unserer Universität. Vereinbart wurde die jährliche Entsendung von 10 Stipendiaten an die TUBAF. Mit Unterbrechung durch die Corona-Pandemie konnten wir im Mai 2023 bereits die fünfte Gruppe von Mosambikanern bei uns begrüßen. Die jungen Leute, die aus verschiedenen Provinzen des Landes für dieses Projekt ausgewählt werden, traten nach intensivem Deutschunterricht am Goethe-Zentrum in Maputo jeweils in Begleitung von Vertretern des Bergbauministeriums ihre Reise nach Deutschland an. Vor ihnen liegt dann eine anspruchsvolle Zeit. Mit einigen wenigen Ausnahmen ist es der erste Auslandsaufenthalt überhaupt für sie. Da der Abschluss einer Sekundarschule in Mosambik nicht unserem Abitur gleichgestellt ist, also keinen direkten Hochschulzugang in Deutschland ermöglicht, muss vor Aufnahme des Fachstudiums eine einjährige Studienvorbereitung in den Fächern Mathematik, Physik, Chemie, Informatik sowie natürlich Deutsch in einem Studienkolleg durchlaufen werden - ein sogenannter T-Kurs, welcher mit der Feststellungsprüfung abschließt. Vor Aufnahme des Studiums am Studienkolleg muss eine Aufnahmeprüfung bestanden werden. Die von den Stipendiaten mitgebrachten Voraussetzungen differieren stark. Vor allem jetzt, nach den durch die Pandemie bedingten Ausfällen und Einschränkungen in der schulischen Ausbildung sind die Defizite und das recht niedrige Ausgangsniveau deutlich spürbar. Daher heißt es zunächst: weiter Deutsch lernen am Internationalen Universitätszentrum (IUZ) aber auch Nachhilfeunterricht in Mathematik, Physik und Chemie nehmen. Letzteres organisiert Manuela

Junghans, die ihre mosambikanischen Schützlinge intensiv betreut, mit mosambikanischen und auch deutschen Studierenden höherer Semester. Aber auch Emeriti, wie Prof. Dr. Helmuth Schaeben oder ehemalige Freiburger Mathematik-Lehrer wurden hier bereits einbezogen.

Nach einem solchen Vorbereitungssemester und der dann hoffentlich bestandenen Aufnahmeprüfung verbringen die jungen Leute dann zwei Semester an einem Studienkolleg. Bisher war dies das Studienkolleg Glauchau, ab September 2023 wird dieser Ausbildungsabschnitt auch an der TUBAF möglich sein durch den in Kooperation mit dem Studienkolleg der TU Dresden (TUDIAS) eingerichteten T-Kurs.

Ja, und dann endlich kann das Fachstudium beginnen. (Für einige erst nach Wiederholungsschleifen auf Grund nicht bestandener Prüfungen.) Wie gesagt: Ein langer Weg auf nicht immer ebenem Gelände. Die Erwartungen der Familien sowie natürlich des Stipendiengabers MIREME sind hoch, die Heimat ist weit weg. Immer engen Kontakt zum IUZ bzw. den Studierenden hält das Geokompetenzzentrum. Die Studierenden werden regelmäßig zu Treffen eingeladen, die Gelegenheit für Begegnungen mit Vertretern der mosambikanischen Botschaft, aus Mosambik zurückgekehrten deutschen Wissenschaftlern und Mosambikexperten sowie Vertretern der Wirtschaft bieten. Das ist ein Stück Heimat und Motivation zugleich.



Foto: Torsten Mayer

Zwischenauswertung mit der zweiten Gruppe, Februar 2016 (mit Mathetutor Herbert Driske †, verstorben)

Eine enorme Hilfe für die Studierenden ist das Sprachpaten- bzw. Sprachtutorenprogramm, koordiniert durch Frau Junghans: Ehrenamtliche Hochschulangehörige und Freiburger Bürger lernen mit internationalen Studierenden Deutsch oder korrigieren Studien- und Abschlussarbeiten.



Sonia Mondlane mit ihrer Sprachtutorin Karin Sichone

Interview mit Sonia aus Mosambik und ihrer Sprachtutorin

Innerhalb des Projekts „Sprache ist Brücke“ besteht für internationale Studierende die Möglichkeit, ihre in deutscher Sprache verfassten Studien- oder Abschlussarbeiten von deutschen Muttersprachlern und Muttersprachlerinnen (Sprachtutoren) Korrektur lesen zu lassen. Das IUZ, welches das Projekt mit koordiniert, wollte gern wissen, was nach der Verknüpfung von Sprachtutoren und

Studierenden passiert und hat aus diesem Grund eines der „Pärchen“ interviewt:

Sonia Mondlane ist eine der mosambikanischen Studierenden der 3. Gruppe, die im Oktober 2017 nach Freiberg gekommen ist. Am 13.7.2023 hat sie ihre Bachelorarbeit zur Petrographie und Geochemie von Vulkaniten in Nordbayern verteidigt. Diese hat sie von Karin Sichone Korrektur lesen lassen. Karin Sichone, ehemalige Bildungsbeauftragte der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik, und Mitglied des Vereins der Freunde und Förderer engagiert sich seit 2018 ehrenamtlich als Sprachtutorin.

Frau Mondlane, wie haben Sie von der Möglichkeit erfahren, dass Sie Ihre Bachelorarbeit sprachlich Korrektur lesen lassen können?

Ich habe vom Sprachtutoren-Programm durch das Internationale Universitätszentrum (IUZ) erfahren. Im Wintersemester 2021/22 habe ich das Pflichtmodul „Geowissenschaftliche Kommunikation – Bachelorseminar“ besucht und mein Betreuer hat mir empfohlen, die Seminararbeit von einem Muttersprachler lesen zu lassen, um die Grammatik und Struktur der Arbeit zu korrigieren und zu verbessern. Nach meiner Anmeldung für das Sprachtutorenprogramm hat Frau Junghans vom IUZ ein Treffen organisiert, bei dem ich meine Sprachtutorin, Frau Sichone, kennengelernt habe.

Frau Mondlane, können Sie kurz beschreiben, wie die Korrektur ablief.

Die Korrektur lief sehr gut ab. Frau Sichone ist sehr nett, kommunikativ und erreichbar. Wir haben die Korrektur kapitelweise durchgeführt, beim Bachelorseminar und auch später bei meiner Bachelorarbeit. Ich habe ein Kapitel oder einen Teil eines Kapitels geschickt und Frau Sichone korrigierte. Danach haben wir uns mehrmals getroffen, um die Korrekturen zu besprechen und den Text, z. B. Grammatik, Ausdruck, Klarheit des Inhalts, Bilder klar und verständlich anzufertigen.

Frau Sichone, was hat Sie bewogen sich als Sprachtutorin zu engagieren?

Aus meiner persönlichen und beruflichen Erfahrung wusste ich, wie schwierig es sein kann, anspruchsvolle wissenschaftliche Zusammenhänge in einer Fremdsprache zu Papier zu bringen. Nach Eintritt in den Ruhestand hatte ich nach Möglichkeiten gesucht, mich mit meinen Kenntnissen und Erfahrungen nützlich zu machen und habe mich deshalb den Sprachtutoren angeschlossen.

Frau Sichone, wie viele Studierende haben Sie bisher unterstützt und wie viel Zeit investieren Sie in dieses Ehrenamt?

Bisher habe ich 12 Arbeiten von neun Studierenden aus sechs Ländern betreut. Der zeitliche Aufwand hing natürlich vom Umfang der Arbeit und von der sprachlichen Qualität der vorgelegten Manuskripte ab und konnte auch schon mal mehr als 30 Stunden betragen. Wobei mir die Zeit eigentlich gar nicht so wichtig war. Einige Studenten habe ich auch bei der Vorbereitung ihrer Präsentation und bei der Abfassung von Bewerbungsunterlagen unterstützt.

Frau Sichone, was sind Ihre Erfahrungen, die Sie bei der Betreuung der Studierenden gemacht haben?

Ich finde es wichtig, den Studierenden schnell die gewis-

se Scheu und Zurückhaltung zu nehmen, damit eine unbeschwerte Zusammenarbeit auf kurze Zeit gelingen kann. Für mich hat sich in der Korrekturphase eine regelmäßige Kommunikation auf elektronischem Weg bewährt, die mit einem ausführlichen persönlichen Austausch abschließt. Die meisten der von mir betreuten Studierenden haben mich durch ihren Fleiß und konzentriertes Arbeiten beeindruckt.

Frau Mondlane, wie geht es jetzt bei Ihnen nach dem erfolgreichen Abschluss weiter? Was sind Ihre Pläne?

Zurzeit studiere ich im Masterstudiengang Geowissenschaften mit der Vertiefung Mineralogie. Ich würde gern meinen Master schon im Jahr 2024 abschließen, wenn alles nach Plan läuft. Danach würde ich gern arbeiten oder eine Promotion anschließen. Ich würde mich sehr freuen, in Deutschland oder im Ausland zu arbeiten oder zu promovieren.

Frau Sichone und Frau Mondlane, was ist Ihr Fazit zum Sprachtutorenprogramm?

Karin Sichone: Die Unterstützung der Studierenden bei der sprachlichen Abfassung ihrer Arbeiten ist eine nützliche Tätigkeit, die auch für mich eine Bereicherung darstellt. Ich kann Menschen aus verschiedenen Kulturkreisen kennenlernen und interessante Einblicke in deren Leben gewinnen. Diese Arbeit würde ich gern noch einige Jahre fortsetzen.

Sonia Mondlane: Für mich waren das Programm und Frau Sichone sehr wichtig, da ich nicht nur eine Grammatikkorrektur erhalten habe, sondern auch eine Person hatte, die mich ermutigt hat. Ich finde das Programm sehr gut, besonders für mich als ausländische Studentin, da Deutsch nicht meine Muttersprache ist. Das Programm hilft uns auch, uns mit anderen Personen zu vernetzen.

Die Bachelorarbeit von Sonia Mondlane ist eine von über 560 Arbeiten, die seit Beginn der Sprachtutorenprogramms von Tutoren sprachlich korrigiert wurden. Die Texte stammen von 411 Studierenden aus 52 Ländern. 21 aktive Sprachtutoren gibt es aktuell. Es werden immer Freiwillige für das Sprachtutorenprogramm gesucht.

Überhaupt versuchen wir am IUZ, immer ein offenes Ohr für die vielfältigsten Anliegen zu haben – dies ist auch eine Verpflichtung im Rahmen der eingegangenen Kooperation mit MIREME. Vor allem ist es wichtig, den Studierenden klar zu machen, dass sie zu uns mit ihren Sorgen kommen müssen, da wir nur dann rechtzeitig individuelle Unterstützung leisten bzw. Maßnahmen ergreifen und helfen können. Die an uns herangetragenen Probleme betreffen private Nöte (z. B. gesundheitliche, Suche nach Ärzten, familiäre Notsituationen) aber natürlich auch studienbezogene Unsicherheiten und Ängste. Gemeinsam mit den Fachbetreuern im jeweiligen Studiengang, mit den studentischen Tutoren und auch mit Unterstützung durch die Beratungsstellen beim Studentenwerk versuchen wir bestmöglich zu helfen. Von den bisher 49 an die TUBAF delegierten Studierenden mussten dennoch leider vier eine vorzeitige Heimreise antreten, wegen einer endgültig nicht bestandenen Prüfung bzw. gesundheitlicher Probleme.



Esperanca Bie, Studentin aus Mosambik, und Prof. Carsten Drebenstedt nach der Verteidigung der Diplomarbeit

Wie schön ist es, wenn wir dann erleben, wie inzwischen zehn Studierende das Studium (Bachelor, Diplom oder Master) erfolgreich beendet haben, eine Promotion anschließen, einen Job in Deutschland gefunden haben oder als Fachkraft ins Heimatland zurückkehren können.

Wissenswert

Mosambik besitzt aufgrund seiner geografischen Lage und der Rohstoffvorkommen ein enormes Potenzial, ist aber auch mit tiefgreifenden Herausforderungen konfrontiert, wie

Korruption und hohen Staatsschulden. Zudem trifft der Klimawandel Mosambik immer wieder in Form von extremen Wetterereignissen mit Überschwemmungen, Dürren und Zyklonen ... Mehr als 40 % der Bevölkerung sind jünger als 15 Jahre. Trotz ökonomischen Aufschwungs in den 1990er Jahren leben 70 % unterhalb der Armutsgrenze, fast 30 % gelten als unterernährt. Etwa die Hälfte aller Erwachsenen kann weder lesen noch schreiben. Das übergeordnete Ziel der deutsch-mosambikanischen Zusammenarbeit ist daher die nachhaltige Armutsreduzierung.

Die Erdgasfunde im Rovuma-Becken vor der Küste Nord-Mosambiks könnten die Wirtschaftsstruktur des Landes in den kommenden zehn Jahren jedoch nachhaltig verändern.

(Quelle: „Neue Märkte- neue Chancen“, Herausgegeben von Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Deutsche Industrie- und Handelskammer (AHK) für das südliche Afrika sowie Germany Trade & Invest (GTAI), 2020 bzw. <https://www.gtai.de/de/trade/mosambik/wirtschaftsumfeld/hoffnung-auf-den-rohstoff-boom-541382>, 2022)

Kontakt: manuela.junghans@iuz.tu-freiberg.de

Über Kontinente hinweg vereint: Ein Studienaufenthalt an der Universidad de Concepción in Chile

Marcus Dietrich

Die internationale Zusammenarbeit zwischen Bildungseinrichtungen eröffnet Studierenden vielfältige Möglichkeiten, neue Kulturen kennenzulernen, fachliche Kompetenzen zu erweitern und internationale Kontakte zu knüpfen. Die TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) pflegt derzeit 184 aktive partnerschaftliche Beziehungen mit zahlreichen Institutionen in mehr als 50 Ländern weltweit, darunter auch mit der Universidad de Concepción (UdeC) in Chile.

Chile befindet sich an der westlichen Küste Südamerikas und beeindruckt mit seiner landschaftlichen Vielfalt von den majestätischen Anden über fruchtbare Weinberge bis hin zu malerischen Pazifikstränden. Abgesehen von seiner beeindruckenden Natur hat Chile auch eine lebendige und vielseitige Hochschullandschaft zu bieten. Mit einem Bildungssystem von hoher Qualität und internationaler Anerkennung hat sich Chile zu einem beliebten Ziel für Studierende aus der ganzen Welt entwickelt. Die Universitäten des Landes sind bekannt für ihre Exzellenz in verschiedenen Fachbereichen und bieten zahlreiche Studiengänge, die sowohl nationale als auch internationale Studierende anziehen. Die drittgrößte Universität Chiles, die Universidad de Concepción, wurde 1919 gegründet, ist heute eine führende Universität im Süden Chiles und verfügt über einen ausgezeichneten internationalen Ruf in den Bereichen Ingenieurwesen, Natur-, Geistes-, und Gesundheitswissenschaften.

Im Rahmen des PROMOS-Programms (Programm zur Steigerung der Mobilität von deutschen Studierenden) bietet die TUBAF ihren Studierenden die Möglichkeit, einen Studienaufenthalt im Ausland mittels Teilstipendien gefördert

zu bekommen. Die Fördermöglichkeiten umfassen hauptsächlich Auslandsaufenthalte zu Studienzwecken an den Partneruniversitäten (mit oder ohne Abschlussarbeit); aber auch Fach- und Sprachkurse sowie Praktika an ausländischen Institutionen können mittels Förderung unterstützt werden. Das Programm richtet sich an unsere Studierenden, die nicht nur akademisch hervorragende Leistungen vorweisen können, sondern auch durch außerfachliches und/oder soziales Engagement herausragen. Die Endauswahl der Stipendiaten erfolgt nach eingegangener Bewerbung am Internationalen Universitätszentrum „Alexander von Humboldt“ (IUZ) unter Einbezug des IUZ-Beirats.

Unsere Studentin Clara Zerbs, die derzeit den Diplomstudiengang Verfahrenstechnik im neunten Fachsemester belegt, nutzte die Gelegenheit und bewarb sich im vergangenen Jahr (2022) erfolgreich auf das Stipendienprogramm.

Für Clara Zerbs begann die Reise nach Chile mit der Entscheidung für einen Studienaufenthalt als Austauschstudentin in Südamerika. Nachdem sie an einer Informationsveranstaltung des IUZ teilnahm, wurde ihr Interesse an einem Austausch mit unserer renommierten Partneruniversität Universidad de Concepción geweckt.

Die Vorbereitung auf den Aufenthalt in Chile war für Frau Zerbs eine aufregende Reise voller unerwarteter Wendungen. Die Bewerbung an der UdeC verlangte zunächst einen vollständigen Lebenslauf, ein überzeugendes Motivationsschreiben und detaillierte Pläne für die Belegung ihrer künftigen Lehrveranstaltungen. Alle Unterlagen musste sie bis Ende Mai 2022 eingereicht haben. Daraufhin begann für sie jedoch

eine Zeit der Unsicherheit, die sie zunehmend beunruhigte. Es stellte sich heraus, dass das Studentenvisum (Visa de Estudiante) nur mit einer offiziellen Annahmebescheinigung der Gasteinrichtung beantragt werden konnte; eine entsprechende Antwort aus Chile ließ jedoch lange auf sich warten. Die Zeit des Wartens verzögerte die Visabeantragung erheblich. Schlussendlich erreichte Frau Zerbs die langersehnte Zusage im Juli 2022 – ungefähr einen Monat vor dem Semesterbeginn an der UdeC. Sie stellte folglich umgehend ihren Visumsantrag. Doch das chilenische Einreiseverfahren hatte leider andere Pläne und überraschte mit einer plötzlichen Gesetzesänderung, die besagte, dass für die Visumsbewerbung nun nicht mehr die Botschaft, sondern das Ministerium für Migration zuständig sei. Es vergingen weitere Tage der Antragstellung und des Wartens. Da das Visa de Estudiante nicht vor ihrem Studienbeginn an der UdeC ausgestellt werden konnte, entschied sich Frau Zerbst dazu, zunächst mit einem Touristenvisum (vorübergehendes Aufenthaltsvisum) nach Chile zu reisen.

Doch auch das erwies sich im Nachhinein als wagemutiger Schachzug, denn trotz aller weiteren Bemühungen blieb eine Antwort hinsichtlich des Visums weiterhin aus. Schnell stellte sich heraus, dass viele ihrer neuen Kommilitonen in einer ähnlichen Situation waren. Das International Office der UdeC versprach Unterstützung und setzte sich umgehend für alle Studierenden ein; größere Erfolge gab es dabei bedauerlicherweise nicht.

Als sich die ersten 90 Tage ihres Touristenvisums dem Ablauf neigten, erreichte Frau Zerbs eine überraschende Nachricht: Die Apostille am Führungszeugnis in ihrem Visumsantrag fehlte. Da das Touristenvisum bald auslief, entschied sie sich vorübergehend dazu, gemeinsam mit einer Gruppe von Studierenden gleichen Schicksals eine dreitägige Reise ins östliche Nachbarland Argentinien zu unternehmen. So sollte das Touristenvisum auf Umwegen erneuert werden. Ein riskantes Unterfangen, das zwar letztendlich funktionierte, aber auf Grund mehrerer Unsicherheiten vermieden werden sollte.

Der Studienalltag an der Universidad de Concepción gestaltete sich grundlegend anders als in Freiberg. Frau Zerbs sah sich zunächst mit neuen Lehrmethoden, einer Anwesenheitspflicht und dem fortlaufenden Erbringen von Prüfungsleistungen konfrontiert, woran sie sich selbst erst noch gewöhnen musste. Besonders herausfordernd war dabei, dass alle Lehrveranstaltungen ausschließlich in spanischer Sprache unterrichtet wurden.

Unterstützung während ihres Aufenthalts erfuhr Frau Zerbs durch das International Office der Universidad de Concepción (DRI - Dirección de Relaciones Internacionales). Zu Beginn des Semesters wurden viele Veranstaltungen und Aktivitäten zur Orientierung und zum Kennenlernen durch das DRI organisiert. Auch bei der weiteren Beantragung des Visums versuchte das DRI den Studierenden zu helfen, was schlussendlich auch gelang. Weitere Unterstützung bei der Organisation ihres Studiums bekam Frau Zerbs von freiwilligen Studierenden der UdeC, die ihr, ähnlich wie beim Buddy-Programm der TUBAF, als hilfreiche Ansprechpartner für organisatorische Belange zur Verfügung standen. Viele der vor Ort gewonnenen Erfahrungen lässt Frau Zerbs gegenwärtig auch am IUZ als unterstützende studentische Hilfskraft im Buddy-Programm einfließen.

Die UdeC beeindruckte mit einer modernen Ausstattung, einer umfangreichen Bibliothek und einer einladenden Mensa, die eine kulinarische Vielfalt bot. Besonders hervorzuheben war das medizinische Zentrum der Universität, welches den Studierenden kostenlosen Zugang zu verschiedenen Fachärzten ermöglichte. Der Campus der UdeC ist großzügig angelegt und gleicht einem gepflegten Park, der zum Verweilen einlädt. Er besticht durch Alleen und Fußball- bzw. Tennisplätze, die das Freizeitangebot bereichern. Einheimische Bäume und Sträucher zieren den Park, während unzählige Wege zum Spaziergehen oder Joggen einladen. Auf der angrenzenden Wiese zum Hauptplatz sieht man nicht nur Studierende, die ihre Freizeit genießen, sondern auch Familien mit Kindern oder Personen, die mit ihren Hunden spazieren gehen.

Die Lebenshaltungskosten in Chile sind etwas höher als in Freiberg. Ihre finanziellen Ausgaben konnte Frau Zerbs dank des PROMOS-Stipendiums aber gut bewältigen. Flüge in das Land der Anden sind in aller Regel mit höheren Kosten verbunden. Frau Zerbs fand ihre eigene kleine Wohnung in Concepción, wo sie für einen vergleichsweise günstigen Preis von 270 Euro monatlich wohnte. Während Einkäufe im Supermarkt teurer waren als in Deutschland, lockte der bunte Markt von Nonguén mit frischen Lebensmitteln zu erschwinglichen Preisen. Im öffentlichen Verkehrsnetz bezahlt man durchschnittlich 55 Cent pro Busfahrt. Und als sie das Fernweh nach Santiago rief, war selbst eine Reise in die Hauptstadt schon ab etwa 7 Euro möglich. Während ihres Aufenthalts hatte Frau Zerbs neben ihrem Studium außerdem die Gelegenheit, die Schönheit Chiles zu entdecken. Sie erkundete die Strände, die vielfältigen landschaftlichen Facetten und besuchte malerische Städte wie Antuco, Pucón und Viña del Mar.

Frau Zerbs zieht ein positives Fazit ihres Studienaufenthalts in Concepción. Die Erfahrung war eine wertvolle Erfahrung in ihrem Leben, die ihr ermöglichte, Chile mitsamt seiner fesselnden Kultur und herzlichen Menschen kennenzulernen. Besonders dankbar ist sie für die Unterstützung durch das PROMOS-Programm, über das sie bei ihrem Aufenthalt finanziell unterstützt wurde und das ihr den Weg ins Austauschstudium an einer unserer wichtigen chilenischen Partneruniversitäten ebnete.

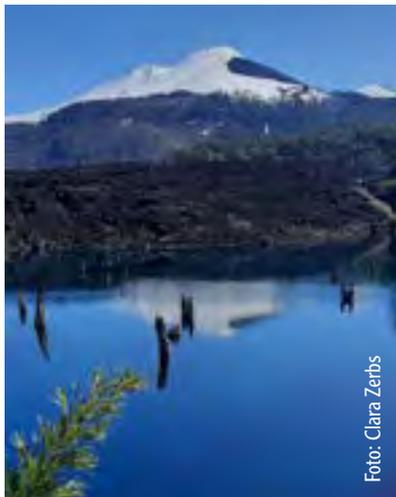
Das PROMOS-Programm ist ein Stipendienprogramm des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD), das durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert wird. Universitäre Partnerschaften, wie die zwischen der TU Bergakademie Freiberg und der Universidad de Concepción in Chile, bieten Studierenden im Rahmen von Stipendienprogrammen eine ausgezeichnete Chance, internationale Erfahrungen zu sammeln. Kooperationen wie diese betonen die wertvolle Bedeutung internationaler Bildungskooperationen und stärken unseren interkulturellen Austausch nachhaltig.

Mehr erfahren:

PROMOS: <https://tu-freiberg.de/studium/im-studium/von-freiberg-ins-ausland/promos-stipendium>

Buddy-Programm der TUBAF: <https://tu-freiberg.de/studium/vor-dem-studium/vom-ausland-nach-freiberg/vorbereitung/buddy-programm>

Hochschulpartnerschaften der TUBAF: <https://www.service4mobility.com/europe/PortalServlet?identifizier=FREIBER01>



Die pulsierende Metropole Santiago de Chile am Fuße der Anden



Die unberührte Schönheit des Conguillio Nationalparks in Chile

Partnerland Vietnam

Ingrid Lange, Annett Wulkow Moreira da Silva, Carsten Drebenstedt, Manuela Junghans, Torsten Mayer

Historischer Rückblick

Die Beziehungen zwischen der TU Bergakademie Freiberg und akademischen Institutionen in Vietnam blicken auf eine lange Tradition zurück. Seit mehr als 60 Jahren kommen vietnamesische Studierende nach Freiberg; Wissenschaftler der TU Bergakademie pflegen Kontakte zu zahlreichen Kollegen in Vietnam, die teilweise durch Hochschulvereinbarungen eine feste vertragliche Basis besitzen.

Den Auftakt der Wahrnehmung des akademischen Ausbildungsangebots in Freiberg bildete der Aufenthalt von vier vietnamesischen Studenten ab dem Jahr 1960. Als erster Student dieser Gruppe wurde Ngo van Minh immatrikuliert. Er studierte bis 1966 Silikathüttenkunde und legte seine Diplomarbeit zum Thema „Untersuchung zur Rheologie plastischer Massen, insbesondere zur Rissbildung“ vor. Nur wenige Jahre später – im Jahr 1969 – schloss Do Huy Dinh als erster vietnamesischer Doktorand mit einer Forschungsarbeit „Über Möglichkeit und Mechanismus der Vergasung von feinkörnigem Anthrazit“ seine Promotion ab.

Im Zeitraum zwischen 1960 und 1991 absolvierten 162 Studierende aus Vietnam ein Diplom-Studium, 60 ein Promotionsstudium und 15 ein Zusatzstudium, wobei sich der Kreis der Promotionsstudenten sowie Absolventen des Zusatzstudiums teilweise aus dem der erfolgreichen Diplomabsolventen rekrutierte. Von den sechs vietnamesischen Wissenschaftlern, die eine Promotion B abschlossen, hatten fünf bereits zuvor an der Bergakademie promoviert (Promotion A). Im Zeitraum 1992-2023 wurden 193 Neuimmatrikulationen vietnamesischer Studierender registriert, wobei die Zahl in den letzten Jahren rückläufig ist (Abb. 1).

Übrigens wurde der erste DAAD-Preis für den besten ausländischen Studenten 1995 an Nguyen Anh Quan verliehen.

Eine Reihe der Bergakademie-Absolventen stieg im Heimatland zu wichtigen Gestaltern in Wissenschaft, Politik und Ökonomie auf. So füllte Do Huy Dinh die Position des Direktors der Nationalen

Vietnamesischen Chemiekorporation, einem Unternehmen für Erdölprodukte, aus. Vu Huy Hoang, der zwischen 1971 und 1975 Energietechnik in Freiberg studiert hatte, wirkte als Minister für Industrie und Handel. Der ehemalige Student der Ingenieurökonomie (1975-1979) Tran Duc Mau war bis 2008 Botschafter Vietnams in der Bundesrepublik Deutschland. Prof. Bui Hoc, der zwischen 1976 und 1980 an der Bergakademie gelernt hatte, war mehrere Jahre lang Rektor der Universität für Bergbau und Geologie Hanoi.

Insbesondere Bui Hoc setzte sich intensiv für die Pflege der Beziehungen der vietnamesischen Absolventen zu ihrer Alma Mater ein, unter anderem als Vorsitzender des Freiburger Alumni-Vereins in Vietnam, der eine der größten Alumni-Verbindungen der TU Bergakademie Freiberg im Ausland ist. Regelmäßig fanden in den letzten Jahren Alumni-Seminare statt (2008, 2009, 2015, 2016), die die Ehemaligen auch an ihre frühere Ausbildungsstätte in Freiberg brachten. Im Gegenzug waren es beispielsweise Prof. Bernd Meyer als Rektor, Prof. Christoph Breittkreuz als Prorektor für Außenbeziehungen und die Professoren Carsten Drebenstedt, Michael Reissig, Helmuth Schaeben und Heinz Konietzky, die durch Besuche und Gastvorlesungen in Vietnam zur Kontaktpflege etwa in den Fachbereichen Mathematik, Bergbau, Geologie und Geoinformatik beitrugen.

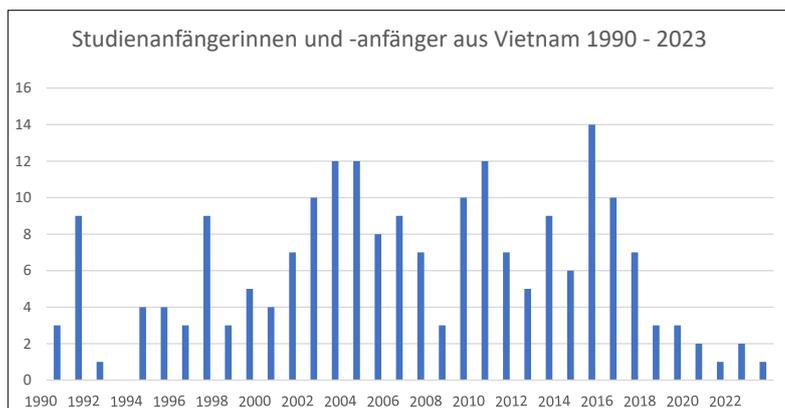


Abb. 1: Entwicklung der Studienanfängerzahlen Vietnam

Vertragliche Beziehungen und Projekte

Über Einzelkontakte zwischen Wissenschaftlern aus Freiberg und vietnamesischen Institutionen hinaus wurden weitere Vereinbarungen auf institutioneller Ebene geschlossen, wie etwa die Hochschulkooperationsverträge mit der Hanoi Universität für Wissenschaft und Technologie (seit 1996) und Hanoi Universität für Bergbau und Geologie (seit 2006).

Ab 2004 gibt es eine enge Verbindung zwischen der Hanoi University of Science and Technology (HUST) mit unseren Fakultäten für Mathematik und Informatik sowie Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau: Im Rahmen eines DAAD-Projektes wurde an der HUST der Studiengang „Technomathematik“ aufgebaut; insgesamt 6 Freiburger Professoren hielten zwischen 2005 und 2008 regelmäßig Blockkurse in Hanoi.

Weitere Beispiele:

- Saigon Hi-Tech Park - R&D Centre: Unterzeichnung eines Memorandum of Understanding (MoU) im April 2014 zur Durchführung gemeinsamer Forschungs- und Lehrprojekte
- Vietnam Apatite Limited Company: MoU im Mai 2016 zur Forschungs- und Entwicklungskooperation im Bereich der Phosphorgewinnung
- Vietnam Petroleum Institute: MoU im Februar 2021 für gemeinsame Forschungsprojekte (Lagerstättenbewertung und -technik sowie Ölgewinnung) und Kooperationen im Bereich der Lehre.

Über die Universität Magdeburg besteht eine Kooperation zur Unterstützung des Aufbaus eines Masterstudiengangs "Materials Science" an der Vietnamesisch-Deutschen-Universität in Ho-Chi-Minh-Stadt. Involviert mit einzelnen Modulen sind Prof. Aneziris/Dr. Gehre, Prof. Fuhrmann und Prof. Bier.

Aktuelle Entwicklungen in der Hochschullandschaft Vietnams

Konstatiert man, dass Vietnam (Abb. 2) nicht zu den führenden Bildungsnationen Asiens (China, Indien und Japan) zählt, ist es bemerkenswert, dass das Interesse internationaler Hochschulen an Vietnam in den letzten 20 Jahren einen starken Aufwuchs genommen hat. Vietnam ist ein junges Land: Der Altersdurchschnitt der vietnamesischen Bevölkerung liegt bei 30 Jahren, 25 Prozent ist unter 14 Jahre alt.¹ Die beliebtesten Zielländer für vietnamesische Studierende sind Japan, die USA, Australien, Südkorea und Frankreich. Deutschland nimmt Rang 7 ein.

Das Interesse deutscher Hochschulen an Vietnam nahm in den letzten Jahren stetig zu, wie auf der Homepage des vom BMBF geförderten Portals „Kooperation International“ zu lesen ist: „Neben dem Bereich Wasser- und Umwelttechnologien, in dem Vietnam und Deutschland bereits auf eine über 20-jährige vertrauensvolle Zusammenarbeit zurückblicken können, eröffnen das von Vietnam postulierte „Grüne Wachstum“ und die besonderen Herausforderungen durch den Klimawandel vielfältige neue Kooperationsmöglichkeiten mit Deutschland.“²

In Zuge des Ausbaus der Kooperationen wurde u.a. 2008 in Ho-Chi-Minh-Stadt die Deutsch-Vietnamesische Universität gegründet. Ebenfalls im Süden des Landes ist eine Reihe großer internationaler und natürlich auch deutscher Unternehmen wie Siemens und Bosch ansässig. Hintergrund dieser Entwicklung ist u.a. der Wunsch Vietnams, durch Intensivierung des globalen Austauschs mehr Unabhängigkeit vom großen Nachbarn China zu erlangen.

Positiv auf die Internationalisierungsbestrebungen der vietna-

mesischen Hochschulen wirkt sich der dort eingeleitete Reformierungsprozess aus, der auf forschungs- und anwendungsbezogene Lehre und weg von theorielastiger Wissensvermittlung fokussiert sowie die durch das vietnamesische Bildungsministerium ermöglichte stärkere Autonomie. Damit einher gehen allerdings verringerte staatliche Zuschüsse, was wiederum für viele der renommierten staatlichen Hochschulen eine ungeheure Herausforderung ist, vor allem in der Konkurrenz zu den privaten Hochschulen und der Industrie, wo weitaus attraktivere Gehälter winken. Und so gibt es auch in Vietnam Nachwuchssorgen beim akademischen Personal. Immer weniger junge Menschen streben ein Master-Studium oder eine Promotion an.

Die Zahl deutsch-vietnamesischer Hochschulkooperationen hat sich lt. Statistik der Hochschulrektorenkonferenz in den vergangenen zehn Jahren verdreifacht. Das Interesse an einem Studium in Deutschland ist lt. Stefan Hase Bergen, dem Leiter der DAAD-Außenstelle in Hanoi, stark gestiegen. Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) unterstützt die deutschen Hochschulen bei ihren Kooperationsinteressen in Vietnam enorm. So hat der DAAD u.a. einen *Kooperationsleitfaden für Vietnam*³ aufgelegt.

Auch die TU Bergakademie Freiberg pflegt zur DAAD-Außenstelle enge Kontakte. Dabei entstand die Idee, nach längerer Zeit einmal wieder eine Kontaktreise nach Vietnam mit interessierten Hochschullehrern zu organisieren, um die etwas stagnierenden Beziehungen zu vietnamesischen Partnern zu beleben bzw. neue Partner zu gewinnen.

Kontaktreise nach Vietnam 2023

Die Delegation der TU Bergakademie Freiberg besuchte Vietnam zwischen 16. und 24. März 2023. Unter der Leitung von Prof. Carsten Drebenstedt, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, reisten Prof. Helmuth Albrecht, Professor für Technikgeschichte und Industriearchäologie, Prof. Henning Zeidler, Professor für Additive Fertigung, Manuela Junghans vom Internationalen Universitätszentrum und Rinh Pham, Doktorand an der Professur für Technische Mechanik - Festkörpermechanik nach Ho-Chi-Minh-Stadt und Hanoi.

Auf dem Programm standen die Präsentation der TUBAF auf zwei internationalen Hochschulmessen (Abb. 3), die Besuche der Universitäten Ho Chi Minh City University of Technology (Abb. 4), Hanoi University of Mining and Geology, Thuyloi University (Abb. 6), Graduate University of Science and Technology Hanoi.

Anlässlich des Aufenthalts der Freiburger Gruppe hat der Alumni Verein der Freiburger Absolventen zu einem Alumni-treffen eingeladen, der zu einem regen Austausch mit den ca. 30 Teilnehmenden führte. Am Vorabend der Hochschulmessen gab es jeweils ein Kontakttreffen zwischen den vertretenen deutschen und den interessierten vietnamesischen Hochschulen.

Die Messeveranstalter zählten rund 6.600 Besucherinnen und Besucher an beiden Standorten. Die Interessen der jungen Messebesucher lagen vor allem bei Studiengängen in den Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften. Englischsprachige Studienangebote waren stark nachgefragt, jedoch besuchten auch Studieninteressierte den TUBAF-Stand, die bereits über sehr gute Deutschkenntnisse verfügten und ein Studium in Deutschland aufnehmen oder fortsetzen möchten. Ein besonderes Ereignis der Reise war die erstmalige Verleihung einer Ehrenprofessur durch die Hanoi University of Mining and Geology (Abb. 5). Die Verleihung erfolgte am 21. März 2023 an Professor Carsten Drebenstedt für seine über fast 25 Jahre andauernde akademische Zusammen-

arbeit und Unterstützung für diese Universität.

Weitere Besuche von vietnamesischen Universitäten fanden an der Thai Nguyen University durch Prof. Drebenstedt und an der University of Transport and Communications durch Prof. Zeidler statt.

Auf Einladung von Prof. Dr. Nguyen Quang Minh von der Fakultät für Architektur und Planung an der Hanoi University of Civil Engineering hielt Prof. Albrecht am 23. März an der Hanoi Universität einen Vortrag über das Studium der Industriearchäologie und Industriekultur an der TUBAF sowie über das Management und die Umsetzung des Welberbe-Projekts der Montanen Kulturlandschaft Erzgebirge/Krušnohoří. In Vietnam und speziell in Hanoi wird im Zusammenhang mit dem industriellen Strukturwandel des Landes gerade erst das Thema und die Potentiale der Industriekultur für den Bereich der Stadt- und Landschaftsplanung entdeckt. An eine intensive Diskussion des Vortrags schlossen sich daher Gespräche über die Möglichkeiten einer künftigen Zusammenarbeit der Architekturfakultät der University of Civil Engineering mit der TUBAF im Bereich der Industriekultur und der Industriedenkmalpflege an.



Abb. 2: Vietnam

Im Anschluss an diese Gespräche wurden Prof. Albrecht von Doktoranden und Dozenten der Fakultät im Rahmen einer gemeinsamen Exkursion Beispiele für erste erfolgreiche Ansätze zur Nachnutzung alter Industriebauten in Hanoi sowie die Schwierigkeiten bei der Entwicklung entsprechender Konzepte gezeigt. Vertreter der Fakultät zeigten sich überzeugt, dass sie für die künftige Entwicklung der Industriekultur in Vietnam von den sächsischen Erfahrungen sowie durch den Aufbau von Kooperationsbeziehungen profitieren können.

Prof. Zeidler zeigt sich mit dem Ergebnis der achttägigen Reise zufrieden: „Die vielen bilateralen Treffen mit vietnamesischen Universitäten zeugen vom großen Interesse an einer intensiven Zusammenarbeit. Das starke Alumni-Netzwerk erleichterte uns dabei den Einstieg in Fachgespräche und senkt zugleich die Hürden für den Auf- und Ausbau der Beziehungen. Es wurden bereits sehr konkrete Themen für die Zusammenarbeit in Lehre und Forschung besprochen, so dass ich sehr positiv gestimmt in die Zukunft blicke. Der große Zuspruch von Studieninteressierten während der Messen in Ho Chi Minh City und Hanoi ist ebenfalls ein gutes Signal, wobei sich dort die Ergebnisse sicher erst in ein paar Jahren erkennen lassen werden. Mit dem Wandel der Wirtschaft in Vietnam wird der Bedarf an qualifizierten Ingenieuren stetig steigen. Ich bin guter Dinge, dass die Bergakademie dabei eine wichtige Rolle spielen kann.“

¹ World Population Review: Vietnam Population 2021

² <https://www.kooperation-international.de/laender/asien/vietnam>

³ <https://www.daad.de/de/laenderinformationen/asien/vietnam/wissenschaftskooperationen/>



Abb. 3: Messestand der TU Bergakademie in Ho-Chi-Minh-Stadt



Abb. 4: Prof. Henning Zeidler (l.) und Prof. Helmuth Albrecht (r.) besuchen ein 3D-Druck-Labor an der Ho Chi Minh City University of Technology



Abb. 5: Verleihung der Ehrenprofessur der Hanoi University of Mining and Geology an Prof. Dr. Carsten Drebenstedt durch den Rektor Prof. Dr. Tran Thanh Hai am 21.03.2023



Abb. 6: Laborbesuch an der Thuy Loi University Hanoi

Arbeitskreis Ausländische Studierende (AKAS) & Lokale Erasmus+ Initiative

Nicol Hillebrandová

Der Arbeitskreis Ausländische Studierende oder kurz AKAS genannt ist eine AG des Studentenrats und gehört darüber hinaus zu den vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) unterstützten lokalen Erasmus+ Initiativen, welche zusammen ein deutschlandweites Netzwerk an ehrenamtlich Engagierten bilden. Der AKAS selbst ist seit mehr als 20 Jahren an der Bergakademie aktiv und am universitären Leben beteiligt.

Generell versteht sich der AKAS als Ansprechpartner und Hilfe bei diversen Problemen und versucht das Leben für unsere Studierenden in Freiberg schöner zu machen. Die Angebote des AKAS sind dabei genauso vielfältig wie die Universität selbst und verfolgen zwei Hauptziele. Das Erste ist dabei die Integration internationaler Studierender an der Universität sowie im außeruniversitären Umfeld. Zum einen bietet der AKAS hierzu eine Vielzahl von Veranstaltungen an: Diese reichen vom Sightseeing in Freiberg bis hin zu Wanderungen und Exkursionen in andere Städte. Unter dem Motto #FreibergEntdecken! wird jedes Semester eine Veranstaltungsreihe organisiert, bei der unter anderem Stadtführungen, Besuche im Freiburger Dom oder Führungen in der terra mineralia angeboten werden.

Dazu kommen neben dem jährliche Osterbemalen und dem großen weihnachtlichen Plätzchenbacken in der Mensa, das Internationale Wochenende und viele weitere Veranstaltungen. Aber nicht nur die deutsche Kultur steht im Fokus, sondern es werden auch die Studenten selbst eingebunden, indem sie die Möglichkeit erhalten, ihre Heimatländer zu präsentieren. Auch außerhalb der Universität ist der AKAS aktiv und beteiligt sich unter anderem an der Initiative „Sprache ist Brücke“ welche mit den Sprachpaten und -tutoren den Kontakt zur Stadtgesellschaft vermittelt.

Neben der Integration in Freiberg ist das zweite Hauptziel des AKAS die internationale Mobilität der Studierenden zu fördern. Insbesondere als lokale Erasmus+ Initiative steht hier natürlich das Erasmus+ Programm im Vordergrund. Während die Organisation eines Erasmus+ Aufenthalts beim Internationalen Universitätszentrum liegt, ist der AKAS bemüht durch den Kontakt der Studierenden untereinander das Interesse an einem Auslandssemester zu wecken. Insbesondere die vom AKAS organisierten Länderabende geben die Chance, beide Anliegen miteinander zu verbinden, andere Länder kennenlernen und neue Ziele

für Reisen oder vielleicht sogar ein Studium zu finden.

Kontakt:

Arbeitskreis Ausländische Studierende
c/o Studentenrat der TU Bergakademie Freiberg,
Agricolastraße 10, 09599 Freiberg,
akausland@stura.tu-freiberg.de

Verweis Internet:

eu.daad.de/LEI



Erasmus+ Girlande an einem AKAS-Informationsstand

Allianz der europäischen montanwissenschaftlichen Universitäten

Ellen Weißmantel

Anlässlich des gemeinsamen Treffens zur traditionellen Universitätsfeier „Ledersprung“ an der Montanuniversität Leoben am 1. Dezember 2022 haben die Technische Universität Clausthal, die Technische Universität Bergakademie Freiberg, die Montanuniversität Leoben und die St. Iwan-Rilski-Universität für Bergbau und Geologie in Sofia eine verstärkte multilaterale Zusammenarbeit beschlossen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, die führenden Montanuniversitäten Europas als moderne Forschungs- und Bildungseinrichtungen im Bereich der Energie- und Ressourcenbewirtschaftung noch stärker in den Fokus zu rücken.

Die Rektoren der montanwissen-

schaftlichen Technischen Universitäten betonten während ihres Treffens die Bedeutung einer zeitgemäßen Energie- und Ressourcenbewirtschaftung im Kontext der europäischen Strategie „Green Deal“, die bis 2050 eine Klimaneutralität für Europa anstrebt, sowie der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (SDGs). Sie sind sich einig, dass die Technischen Universitäten durch ihre Ressourcenprofile in Forschung und Lehre maßgeblich dazu beitragen, eine sicherere, umweltgerechtere und krisenfestere Wertstoffbewirtschaftung zu fördern. Damit tragen sie entscheidend zu einer lebenswerten Zukunft bei, wie es auch vom Rektor der Montanuniversität Leoben, Professor Wil-

fried Eichlseder, betont wurde.

Die Zusammenarbeit der Universitäten umfasst gemeinsame Forschungsprojekte und Studiengänge. Zudem wurde ein Konferenzprogramm vereinbart, das mit einer internationalen Tagung zu Themen der Kreislaufwirtschaft und Klimaneutralität im September 2023 in Leoben beginnen wird. Diese Konferenz soll jährlich an wechselnden Universitätsstandorten stattfinden. Durch diese engere Kooperation streben die Universitäten an, ihre Kompetenzen und Expertise zu bündeln und einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Energie und Ressourcen zu leisten.

Höchste staatliche Auszeichnung der Mongolei für Freiburger Professor

Katja Polanski

Der Staatspräsident der Mongolei, Ukhnaa Khurelsukh, verlieh am 21.04.2023 die höchste staatliche Auszeichnung der Mongolei für Ausländer, den Orden „Polarstern“, an Professor Carsten Drebenstedt von der TU Bergakademie Freiberg. Damit wird der besondere Einsatz von Carsten Drebenstedt für die Entwicklung der deutsch-mongolischen Zusammenarbeit, insbesondere im Bereich Ausbildung, Forschung und Beratung im Rohstoffsektor in den letzten 25 Jahren gewürdigt. Die Übergabe der Auszeichnung erfolgte anlässlich des 10jährigen Jubiläums der Deutsch-Mongolischen Hochschule für Ressourcen und Technologie (DMHT bzw. englisch GMIT) durch den Minister für Bildung und Wissenschaft der Mongolei, L. Enkh-Amgalan, am 16.06.2023 in Ulaanbaatar.

Die Gründung der Deutsch-Mongolischen Hochschule für Ressourcen und Technologie wurde 2011 im Rahmen der deutsch-mongolischen Rohstoffpartnerschaft vereinbart, um qualifizierte Fachkräfte für den mongolischen Rohstoffsektor auszubilden. Für die TU Bergakademie Freiberg, die den Aufbau der GMIT im Auftrag der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) bzw. des Deutschen Akademischen Austauschdiensts (DAAD) seit 2012 begleitet, koordiniert Carsten Drebenstedt die Aktivitäten der beteiligten deutschen Partneruniversitäten. Dabei unterstützt er das Projekt einerseits als Fachkoordinator für neue Studiengänge und andererseits als Gastprofessor maßgeblich. In seiner Verantwortung wurden im Rahmen des Projekts darüber hinaus in den letzten Jahren Sommerschulen für ca. 120 Studierende der GMIT in Deutschland bzw. 2022 in der Mongolei sowie Weiterbildungsmaßnahmen für das akademische Personal der GMIT organisiert und Laborausstattung und Fach-/Lehrbücher zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus betreut Professor Drebenstedt seit mehreren Jahren ein DAAD-Stipendienprogramm, durch das bisher über

100 Studierende während ihres Studiums an der GMIT bzw. 25 im Austauschsemester an der TU Bergakademie Freiberg gefördert werden konnten.

Im Rahmen eines Tempus Tacis Projekts der Europäischen Union begann Carsten Drebenstedt im Jahr 1999 die Zusammenarbeit mit der Mongolischen Universität für Wissenschaft und Technologie (MUST). Schwerpunkte waren und sind die Modernisierung von Studiengängen im Rohstoffbereich, die Ausbildung von Promovierenden, Gastvorlesungen, die Herausgabe von Lehrbüchern in mongolischer Sprache sowie die Entwicklung eines gemeinsamen deutsch-mongolischen Studiengangs im Bergbau. In diesem seit 2011 bestehenden gemeinsamen Studiengang werden jährlich Studierende ausgewählt, die dann nach 6 Semestern aus einer speziell am Grundstudium in Freiberg orientierten und zum Teil in deutscher Sprache vertieften Ausbildung an der MUST in das Hauptstudium des Bergfachs an die TU Bergakademie Freiberg wechseln. Nach dem Studienabschluss erhalten die Teilnehmer dieses 3+2 Programms sowohl das Diplom der TU Bergakademie Freiberg als auch den Master der MUST. Bisher haben 7 Studierende das Studium in Freiberg erfolgreich absolviert. Deutsche Studierende hatten im Gegenzug die Gelegenheit, den Bergbau in der Mongolei während verschiedener Exkursionen kennenzulernen. Bereits 2006 wurde Carsten Drebenstedt für seine Verdienste um diese Hochschulkooperation zum Ehrenprofessor an der MUST ernannt.

Der Bedarf an Fachkräften im Rohstoffsektor in der Mongolei und das Interesse an der praxisnahen Ingenieurausbildung in Deutschland führten 2010 zur Einrichtung eines gemeinsamen Regierungsstipendienprogramms, in dem Carsten Drebenstedt bei über 100 Interviews in der Auswahlkommission mitwirkte. Viele mongolische Studierende der MUST, aber auch anderer mongolischer Hochschulen entschieden sich für eine deutschsprachige Bachelor- und Diplomausbildung in einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang in Freiberg. Dank dieser verschiedenen Kooperationsmodelle hat sich die Gruppe der mongolischen Studierenden an der TUBAF in den letzten zehn Jahren bei über 30 stabilisiert.

Eine enge Zusammenarbeit besteht auch

mit der mongolischen Rohstoffagentur und mit Unternehmen in der Mongolei. Zur Anbahnung von Kooperationen organisiert und unterstützt Carsten Drebenstedt gemeinsam mit Partnern zahlreiche deutsch-mongolische Unternehmerreisen, er hält Vorträge und veröffentlicht Fachartikel in beiden Ländern. So initiierte Professor Drebenstedt mit der mongolischen Agentur für Rohstoffe und Petroleum (MRPAM) ein Stipendienprogramm für eine Ausbildung in Freiberg. Eine Absolventin dieses Programms ist heute Leiterin des Unternehmens „Mongolian Refinery“.

Beispielhaft für die Zusammenarbeit mit mongolischen Unternehmen ist auch seine Mitwirkung in einer Expertengruppe zur Optimierung der Entwässerung des Tagebaus Baganuur. Ziel dieses dreijährigen Projekts war die Reduzierung des Energie- und Materialeinsatzes sowie die Erhöhung des Rohstoffausbringens.

Die von Professor Drebenstedt im Dezember 2022 in Freiberg ausgerichtete Veranstaltung anlässlich des 60jährigen Jubiläums der deutsch-mongolischen Expeditionen, an der auch der Botschafter der Mongolei in Deutschland, Mandakhbileg Birvaa, und der ehemalige Minister für Geologie der Mongolei, Dr. Khurts, teilnahmen, brachte ca. 70 Teilnehmende beider Seiten zusammen und bot Raum für Austausch und Erinnerungen sowie für die Anbahnung zukünftiger Projekte.

Laut Carsten Drebenstedt sind die vielfältigen Kontakte und bisherigen Projekte mit der Mongolei für den Rohstoffbereich, aber auch für andere Fachrichtungen an der TU Bergakademie Freiberg von strategischer Bedeutung und es wäre wünschenswert, sie zu verstetigen und weiterzuentwickeln. Die Auszeichnung habe er daher stellvertretend für alle Unterstützer der Kooperation in Freiberg und in der Mongolei angenommen, angenommen, so Drebenstedt.



Prof. Carsten Drebenstedt nach Auszeichnung mit dem Orden "Polarstern"



Jörn Rosenberg (ehem. deutscher Botschafter in der Mongolei), L. Enkh-Amgalan (Minister für Bildung und Forschung der Mongolei), Kishigdulam Tumurbaatar (GMIT), Battsengel Baatar (Rektorin der GMIT), Carsten Drebenstedt (von links nach rechts)

Unterstützung für die Ukraine ungebrochen

Carsten Drebenstedt

Während in der Nähe an der Front gekämpft wird und nachts oft Raketenalarm herrscht, findet an der Polytechnischen Universität in Dnipro (DUT) eine wissenschaftliche Konferenz zum Thema „Herausforderungen der Rohstoffversorgung für den Wiederaufbau der Ukraine nach dem Krieg“ statt. Die Konferenz verdeutlicht die Stärke und die hohe Moral der Ukraine in der schwierigen Kriegssituation sowie den unbeirrbar Willen für eine selbstbestimmte prosperierende Zukunft in Frieden. „Der Krieg ist noch nicht vorbei, aber wir haben gelernt damit umzugehen und das Leben muß weiter gehen“ wird immer



Abb. 1: EMinReM Partner bei der Auftaktveranstaltung in Freiberg

wieder in den Treffen die Motivation geäußert. Die Ukraine hat sich im Krieg als Nation nach innen gefestigt und versteht sich als Verteidiger demokratischer und europäischer Werte.

Die Professur Bergbau-Tagebau der TU Bergakademie Freiberg unterstützt die ukrainischen Partneruniversitäten auf diesem Weg in vielfältiger Weise. Dazu gehören folgende gemeinsame Initiativen:

Leonard Euler Programm

Mit Kriegsbeginn wurde ein Leonard Euler Programm beim DAAD beantragt (siehe ACAMONTA 2022). Mit der Bewilligung haben nun je drei junge ukrainische Promovierende der Technischen Universität Zhytomyr und der Technischen Universität Dnipro 18 Monate lang die Möglichkeit sich an der Partneruniversität in Freiberg weiterzubilden. Das Programm ermöglicht unter anderem einen 4wöchigen Aufenthalt in Freiberg und ein 6monatiges Sur-Place Stipendium vor Ort. Im Mai 2023 reisten die Promovierenden nach Freiberg und kontaktierten fachlich relevante Wissenschaftler, u.a. zu Konsultationen und Laborversu-

chen, für die Material mitgebracht wurde.

Erasmus+, KA2

Die Themen „Eco-Mining and Innovative Natural Resource Management“, kurz EMinReM, standen im Mittelpunkt einer Auftaktveranstaltung für ein neues, dreijähriges Projekt zur Modernisierung von Studienprogrammen in der Ausbildung zum Master im Rohstoffsektor. Gefördert wird das Projekt, an dem zehn Universitäten aus sechs Ländern beteiligt sind, im Rahmen des Programms Erasmus+, Key Action 2, der Europäischen Union.

Beteiligt sind seitens der Europäischen Union Universitäten in Jaén (Spanien), Kütahya (Türkei) und Freiberg sowie Universitäten der Nicht-EU-Staaten in Zhytomyr, Dnipro und Donezk (Ukraine), in Almaty und Karaganda (Kasachstan) sowie in Tashkent und Nawoi (Usbekistan) (Abb. 1). Der Freiburger Rektor Klaus-Dieter Barb-

knecht begrüßte besonders die Partner aus der Ukraine und sicherte ihnen weitere Unterstützung und uneingeschränkte Solidarität zu (Abb. 2). Die Projektleitung liegt bei der Staatlichen Technischen Universität Zhytomyr (Abb. 3). Aufgrund der Sicherheitslage hat die TU Bergakademie Freiberg die Ausrichtung der Auftaktveranstaltung übernommen.

Die Aktualität des Themas „Bergbau und Umwelt“ steht im Kontext des „Green Deal“ und der Sicherung von Lieferketten für die europäische Wirtschaft. Um die Herausforderungen der Transformation bei der Energiewirtschaft, der Mobilität und bei der



Abb. 2: Rektor, Professor Klaus-Dieter Barbknecht, begrüßt die Gäste aus 8 Universitäten aus 5 Ländern

Digitalisierung zu lösen, werden insbesondere mineralische Rohstoffe benötigt. Dabei stehen zunehmend minimalinvasive Technologien und Prozesse im Vordergrund, die die Umwelt schonen und im sozialen Einklang mit den Menschen in den Abbauregionen stehen.

Deutschland ist beim verantwortungsvollen Rohstoffabbau Vorreiter. Bei der seit 1990 andauernden Massenschließung von Bergwerken des Uran-, Kohle-, Erz-, Salz- und Spatbergbaus werden wertvolle Erfahrungen gesammelt, die zum Standard für aktive Bergbauunternehmen werden. An der TU Bergakademie Freiberg gibt es einzigartige Lehrveranstaltungen und internationale Studiengänge, die dieses Wissen weltweit verbreiten. So erhalten aktuell Studierende aus über 40 Ländern in den Master-Studiengängen „Sustainable Mining and Remediation Management“ und „Groundwater Management“ Einblicke in dieses spezielle Wissenschaftsgebiet. Die Erfahrungen zu den Lehrinhalten und -methoden zum verantwortungsvollen Abbau und zur Verarbeitung von Rohstoffen werden nun auch mit den Partnern in EMinReM ausgetauscht und weiterentwickelt.

Ukraine digital: Studienerfolg in Krisenzeiten sichern

Das 2022 erfolgreich durchgeführte Projekt im DAAD Programm „Ukraine digital: Studienerfolg in Krisenzeiten sichern“ konnte erfolgreich für das Jahr 2023 verlängert werden. Das Programm sieht mehrere Förderlinien für ukrainische Studierende, Wissenschaftler und Lehrende vor, u.a.:

- Stipendium für Studierende in der Ukraine, die nicht am Studienort sein können, und für Flüchtlinge in Deutschland, die in der Ukraine weiter studieren
- Unterstützung für Lehrende in der



Abb. 3: EMinReM Projektleiter Vasyl Mamray, TU Zhytomyr

Ukraine, die nicht an ihrer Hochschule sein können, und für Flüchtlinge in Deutschland, zum Aufbau von Online-Lehrangeboten für die Heimatuniversität

- Finanzierung ukrainischer Wissenschaftler in Deutschland mit Flüchtlingsstatus zur Fortsetzung der wissenschaftlichen Arbeiten.

Das Projekt wurde durch ein Konsortium deutscher Hochschulen unter Leitung der BTU Cottbus/Senftenberg gestellt, die traditionell sehr eng mit der Technischen Universität Dnipro zusammenarbeiten. Konsortialpartner sind neben der TU Bergakademie Freiberg die TU Dresden und die Hochschulen in Reutlingen und Esslingen. Weiterer Partner auf ukrainischer Seite ist die TU in Charkiv. An der TU Bergakademie Freiberg sind die Professur Bergbau-Tagbau und das Institut für Biowissenschaften verantwortlich für die Umsetzung.

Konferenz „Herausforderungen der Rohstoffversorgung für den Wiederaufbau der Ukraine nach dem Krieg“

Als Zeichen der besonderen Bedeutung der Zusammenarbeit auch in Krisenzeiten, ist der Freiburger Bergbauprofessor Carsten Drebenstedt anlässlich der Konferenz nach Dnipro gereist, um sich vor Ort über den Stand des Hochschulbetriebs und der gemeinsamen Projekte sowie über die weiteren Unterstützungsbedarfe zu informieren. Neben Gastvorlesungen hielt Professor Drebenstedt den Eröffnungsvortrag zur Konferenz am 29.05.2023 und sicherte der Ukraine weiter uneingeschränkte Unterstützung zu.

Im Gespräch mit dem Rektor Prof. Dr. Oleksandr Aziukovskyi wurde die Wert-

schätzung für den Besuch deutlich: „Die Anwesenheit des Gastes aus Freiberg sagt mehr als 1.000 Worte“ und er erinnert an die Gründung der Universität in Dnipro im Jahr 1899 mit tatkräftiger Unterstützung aus Freiberg, die bis heute ungebrochen anhält. Der Rektor verwies im Weiteren auf die Parallelen im Profil der Partnerhochschulen als Ressourcen-Universitäten entlang der Wertschöpfungsketten vom Aufsuchen des Rohstoffs bis zum Produkt und den hohen Stellenwert dieses Profils für die Gesellschaft, den Wiederaufbau der Ukraine und für künftige Kooperationen zur Rohstoffsicherung in der Europäischen Union (Abb. 4).

Als gemeinsame Themen für den Wiederaufbau wurden unter anderem folgende Themenbereiche herausgestellt:

- Die wichtigste Aufgabe ist derzeit die Fortführung der Ausbildung im Online-Format, auch im Rohstoffbereich, um Fachkräfte für den Wiederaufbau zur Verfügung zu haben. Hier werden a) unsere Online-Angebote und die Finanzierung von Studierenden, Lehrenden und Forschenden fortgesetzt, und b) wird weiter an der Möglichkeit der Nutzung des gemeinsamen Masterprogramms mit Dnipro im Studiengang "Advanced Mineral Resource Development" im Direktstudium gearbeitet. Auch andere Masterprogramme stehen für ukrainische Studierende offen.
- Im Bereich Energie geht es um die Wiederaufnahme der Kohleversorgung für die bestehenden Kraftwerke zur Wärme- und Stromerzeugung z. B. in der Millionenstadt Dnipro. Im Bereich der Kohletechnologien verfügt Freiberg über hohe Kompetenz.
- Für den Wiederaufbau sind Baurohstoffe wichtig. Im Moment sind alle Bauprojekte gestoppt und es entsteht ein enormer Nachholbedarf. Hier gibt es zwei Ansätze: a) Effektive Nutzung der vorhandenen Abbaustellen zur Bereitstellung von Betonzuschlag und von Mineralgemischen für den Straßen- und Gleisbau, b) Nutzung der Asche aus den Kraftwerken in Dnipro und anderen Rückständen, z. B. von Feinmaterial in Steinbrüchen, zur preiswerten und schnellen Herstellung von Baustoffen für den Straßen- und Wegebau. Auch hier verfügt die TU Bergakademie Freiberg über umfangreiche Erfahrungen. Diese Themen sind unter anderem Schwerpunkt der ukrainischen Promovierenden im Leonard Euler Programm.
- In den Gesprächen wurde deutlich, dass auch unsere Partner in Dnipro Schwierigkeiten mit der Rekrutierung von Studierenden haben. Das Buch „Reise in die Welt der Rohstoffe“ soll ins Ukrainische übersetzt werden, um jungen Menschen den Zugang zum Thema Rohstoffe und Energie zu eröffnen. Im Gegenzug kann sich die Freiburger Universität mit den interessanten Ansätzen der Studienwerbung an der Technischen Universität in Dnipro vertraut machen.
- Trotz aller Sofortaktivitäten des Wiederaufbaus hängt das Image des Rohstoffabbaus langfristig von der Gestaltung der Bergbaufolgelandschaften ab – so geht es zum Beispiel um Konzepte für die Nachnutzung von Steinbrüchen, z. B. als Wohnpark. Auch dieses Promotionsthema an der TU Dnipro ist Teil des Leonard Euler Programms zu dem ein reger Austausch stattfindet.

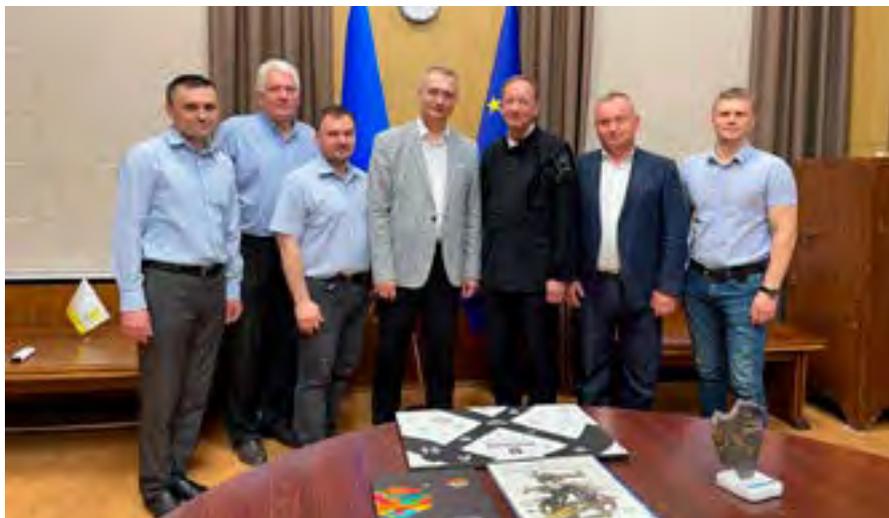


Abb. 4: Treffen mit dem Rektor der Dnipro University of Technology (DUT), Prof. Dr. Oleksandr Aziukovskyi, Prorektoren und Fachkollegen.

Aus dem Vereinsleben



Impressionen von der Mitgliederversammlung und Barbarafeier 2022



Aus dem Protokoll der VFF-Vorstandssitzung 2023

Hans-Jürgen Kretzschmar

Vorwort

Die Frühjahrssitzung des VFF-Vorstands fand am 27. April 2023 und die jüngste VFF-Mitgliederversammlung am 17. Juni 2022 statt. Die Mitgliederversammlung wurde in Verbindung mit der 100-Jahr-Jubiläumsfeier des Vereins am 16. und 17. Juni 2022 durchgeführt. Die Jubiläumsfeier mit abschließender Barbarafeier war damit auf den etwas ungewöhnlichen Jahresmitte-Termin gelegt worden, um uns einerseits nicht allzu weit vom Tag des Gründungsjubiläums (3. Dezember) zu entfernen, andererseits aber nicht wieder in eine eventuelle Viruswelle in der Adventszeit 2022 hineinzulaufen. Die nächste Mitgliederversammlung findet am 1. Dezember 2023 statt und führt uns damit wieder in die adventliche Barbrazeit.

Mitgliederstand

Im Juni 2023 zählte der VFF insgesamt 1.485 Mitglieder, davon 1.404 persönliche und 81 juristische. Erstmals seit Wiedergründung des VFF ist ein geringfügiger Rückgang gegenüber der Zielzahl 1.500 zu verzeichnen - eine Tendenz, die alle vergleichbaren Vereine getroffen hat. Neben einer verstärkten Austrittsaktivität waren die stark eingeschränkten Werbemöglichkeiten während der Pandemiezeit für diese Entwicklung maßgebend. Bedauerlich ist auch der Rückgang bei der Zahl der Firmenmitglieder; hoffentlich stellt dies keine „Entfremdung“ der Wirtschaft von der Universität dar.

Der VFF-Vorstand bittet alle Vereinsfreunde, neue Mitglieder zu werben; die persönliche Ansprache ist doch immer noch die effektivste!

Finanzbericht 2022

Die Einnahmen des Vereins für 2022 belaufen sich auf 92.319,- €. Die Mehreinnahmen gegenüber den geplanten 75.000,- € sind vor allem durch ein hohes Spendenaufkommen (mit einer Einzelspende von 10.000,- €) entstanden. Durch gute Diversifizierung der Anlagen waren die Wertpapiere trotz volatiler Börsen nur wenig von der Kursentwicklung betroffen. Bei den Mitgliedsbeiträgen war ein leichter Rück-

gang zu verzeichnen. Die Einnahmen im Geschäftsjahr 2023 beliefen sich in den ersten vier Monaten des Jahres 2023 auf ca. 43.600,- € (geplant für 2023 sind 75.000,- €). Bei den Spenden wurde der Plan bereits überschritten (insbesondere durch ein persönliches Legat von 8.000,- €). Der Plan für 2024 sieht wiederum 75.000,- € vor.

Die Ausgaben für 2022 lagen mit 60.050,- € erneut etwas unter den Planzahlen. Dies ist (corona-bedingt) hauptsächlich durch geringere studentische Aktivitäten begründet. Ca. 80 % der Anträge wurden von ausländischen Studierenden (insbesondere aus Afrika) gestellt. Um die Studierenden besser über Fördermöglichkeiten zu informieren, wurden Gespräche mit Vertretern der Fachschaften geführt. Die aktuellen Ausgaben im Jahr 2023 beliefen sich bis Ende April auf 12.980,- €.

Der Plan für 2024 liegt mit Ausgaben von 97.000,- € deutlich über den Einnahmen. Die zusätzlichen Mittel sollen für eine Verstärkung der Studienförderung und die Bereitstellung von Gründungskapital für Start-up-Unternehmen eingesetzt werden.

Das Nettovermögen des Vereins ist im zurückliegenden Jahr um ca. 30.000,- € gewachsen.

Für die Zweckprojekte von Professoren und Instituten der Universität, zwecks Forschung, Lehre/Weiterbildung, Tagungen und Kulturveranstaltungen wurden von der Geschäftsstelle 102 T€ Einnahmen und 92 T€ Ausgaben im Jahr 2022 gemanagt.

Der Vorstand nahm die Jahresrechnung 2022 und den aktuellen Etatstand 2023 zur Kenntnis. Der Etatentwurf 2024 wird bestätigt und der Mitgliederversammlung vorgelegt.

Kurzinformation zur Heinisch-Stiftung

Herr Borrmann berichtete, dass die Stiftung eine gute Entwicklung genommen hat. Mit einem Startkapital von 1,5 Mio. € verfügt die Stiftung derzeit über ein Vermögen von ca. 1,65 Mio. €, das Jahresbudget beträgt ca. 30.000,- €, eine Erhöhung auf 35.000,- € wird als realistisch eingeschätzt.

Prof. Brezinski ergänzte, dass die

Mineralien der Universität als Dauerleihgabe zur Verfügung gestellt werden. Dadurch ergibt sich eine Steigerung des Sachvermögens. Verwerfungen an der Börse hatten dank Risikostreuung nur geringe Auswirkungen auf das Finanzvermögen. Der Erhalt des Stiftungsvermögens wird als gesichert eingeschätzt. Prof. Brezinski dankt insbesondere Herrn Massanek für die fachliche Unterstützung bei der Bewertung und Beschaffung der Mineralien.

Der Vorsitzende des Kuratoriums dankte dem Vorstand der Heinisch-Stiftung für die geleistete Arbeit.

Erfreulicherweise kann eine Zustiftung zur Heinisch-Stiftung vermeldet werden. Herr Prof. Hermann Heilmeier gründet innerhalb der Heinisch-Stiftung die „Humboldt-Bonpland-Stiftung für biologische Wissenschaften an der TU Bergakademie Freiberg“, um die Lehre und Forschung auf dem Gebiet der organismischen Biologie (rezente und Paläobiologie) zu fördern, um Stipendien und Preise für studentische Abschlussarbeiten bereitzustellen sowie entsprechende Tagungen zu unterstützen. Mit einem Startkapital von zunächst 100 T€ startet diese Zustiftung am 1. Januar 2024.



Rektor Prof. Klaus-Dieter Barbknecht

Bericht des Rektors zur Entwicklung der TU Bergakademie Freiberg

Der Rektor, Prof. Klaus-Dieter Barbknecht, dankte dem Verein und seinem Vorstand. In seinem inhaltsreichen Bericht über aktuelle Entwicklungen und geplante Vorhaben der Universität ging er insbesondere auf folgende Themen ein:

Um den aktuellen Anforderungen besser gerecht zu werden, wird das Rektorat um die Professoren Peuker (CO Virtuelle Fakultät) und Fieback (CO Internationale Strategische Allianzen) erweitert.

In seinem Bericht über Studium und Lehre wies der Rektor auf einen deutlichen Rückgang der Einschreibungen hin, der teilweise durch Corona-Restriktionen bedingt ist. Andererseits seien wachsende Einschreibezahlen ausländischer Studierender aus der Ukraine, Indien und der Mongolei zu verzeichnen.

Bis zum Sommersemester 2024 sollen acht neue Studiengänge eingeführt werden.

Zur Absicherung einer anspruchsvollen und innovativen Lehre wurde die AG Qualitäts-Management gegründet. Die Evaluationssoftware und die Moduldatenbank wurden den aktuellen Erfordernissen entsprechend angepasst.

In der Forschung wurden neue Großprojektinitiativen hervorgehoben:

- Graduiertenkolleg 2802 „Feuerfest Recycling“,
- TRR Smartcon: Shape Memory Alloy Research for Technology of CONstruction,
- Innovative Hochschule 4Transfer.

Der Antrag eines „European Research Institute for Space Resources (ERIS)“ war zwar nicht erfolgreich, gelangte aber unter die letzten 6 Bewerber.

Mit 60,2 Mio. € im Jahr 2022 liegen die Drittmittelleinnahmen etwa in gleicher Höhe, wie die Finanzierung durch den Freistaat Sachsen.

Mit 103 Promotionen und 5 Habilitationen im Studienjahr 2020/2021 ist gegenüber den beiden vorangehenden Jahren eine Steigerung zu verzeichnen. Wegen der geringen Studierendenzahlen ist es aber mitunter schwierig, alle Promotionsstellen zu besetzen.

Das Gründernetzwerk SAXEED hat im letzten Jahr 35 Projekte beraten, davon führten bisher 10 zu erfolgreichen Ausgründungen.

Der Rektor informierte, dass die Hochschule aktuell über 1.024 Haushalts- und 715 Drittmittelstellen sowie 340 wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte verfügt. Er stellte die neu berufenen Professorinnen und Professoren im Überblick vor.

Die Professoren Georg Unland und Bernd Meyer wurden 2022 zu Ehrensenatoren ernannt.

Ehrenbergkittel wurden an Stanis-

law Tillich (2021), Jürgen Bast (2022) und Sebastian Gemkow (2022) verliehen. Professorin Silvia Rogler und Professor Rudolf Kawalla wurden mit der Universitätsmedaille ausgezeichnet. Mehrere namentlich genannte Personen erhielten die Ehrennadel der TU Bergakademie Freiberg.

Als Schwerpunkte des Baugeschehens wurden hervorgehoben:

- die Bibliothek mit dem Hörsaalzentrum (SS 2023),
- zwei Laborgebäude am Clemens-Winkler-Bau (2023/2024),
- der Hallenkomplex hinter dem Karl-Kegel-Bau (Ende 2023),
- der Wissenschaftskorridor (2024).

Weitere Baumaßnahmen betreffen die Informatik, die Silikattechnik, den Helmut-Härtig-Bau, das Sächsische Bohrkern- und Proben-Archiv, die Forschungsfabrik Umformtechnik 4.0 und den Neubau des Technikums Reiche Zeche.

Der Rektor berichtete ausführlich über den Cyberangriff vom 17.1.2023 und seine Konsequenzen. Da der Angriff durch eine aufmerksame Mitarbeiterin festgestellt und umgehend gemeldet wurde, konnte die Verbindung zum Internet rechtzeitig unterbrochen werden, um eine Verschlüsselung bzw. das Absaugen von Daten zu verhindern.

Der Wiederaufbau des Systems erfolgt schrittweise, wobei gleichzeitig ein neues Corporate Design (zum 2.5.2023) und ein neuer Webauftritt implementiert werden. Die volle Funktionalität aller Systeme soll Ende 2023 erreicht werden.

Die wichtigsten zentralen Termine und Veranstaltungen des Jahres sind:

- das TUBAF Fest am 24.5.2023,
- die Akademische Feier am 17.10.2023,
- die Verabschiedung der Absolventen und Promovenden und der Universitätsball am 4.11.2023.

Preise / Auszeichnungen

Der VFF konnte im Jahr 2022 seine ausgelobten Preise wie gewohnt vergeben.

Bernhard-von-Cotta-Preise:

Die VFF-Auswahlkommission bestätigte folgende Cotta-Preis-Träger:

- Dr.-Ing. Stefanie Walter
„Akzeptanzkommunikation in der Energie- und Rohstoffwirtschaft - Chancen und Grenzen für kleine und mittlere Unternehmen zur Verbesse-

rung des Akzeptanzniveaus am Beispiel des Freistaates Sachsen“

- Dr. rer. nat. Birk P. Härtel
„Zircon Raman thermochronology: calibration, closure temperature, and data evaluation“

Diese Preisträger werden in der Mitgliederversammlung am 1. Dezember 2023 ausgezeichnet. Ab dem Jahr 2023 werden die Cotta-Preise gemäß Vorstandsbeschluss nicht mehr vergeben. Das Preisgeld wird auf die **Agricola-Preise** zu jeweils 500 € aufgeschlagen.

Georgius-Agricola-Preise:

Die Träger der Agricola-Medaillen – die Jahresbesten 2022 der sechs Fakultäten – wurden vom VFF mit je 250 € bedacht:

- Fakultät 1: Martha Lina Zimmermann
- Fakultät 2: Betty Leibiger
- Fakultät 3: Hannah Keese
- Fakultät 4: Lisa Fritzsche
- Fakultät 5: Marieke Zickner
- Fakultät 6: Julia Edith Balski

Friedrich-Wilhelm-von-Oppel-Preise:

Der Friedrich-Wilhelm-von-Oppel-Preis 2022 für herausragende sozio-kulturelle Aktivitäten mit einem Preisgeld von je 250 € ging aufgeteilt an Herrn Shubham Sharma und Herrn Robin Frigge.



Oppel-Preis-Verleihung: v. l. n. r. Prof. Kretzschmar, Prof. Bernstein, Shubham Sharma, Robin Frigge, Prof. Josep

Julius-Weisbach-Preise:

Für hervorragende Leistungen in der Lehre wurden ausgezeichnet (Preisgeld je 1 T€)

- Dr. Ines Aubel (Fakultät 2)
- Herr Jakob Kraus (Fakultät 2)



Weisbach-Preis-Verleihung: v. l. n. r. Prof. Bernstein, Jakob Kraus, Dr. Ines Aubel, Prof. Kretzschmar

ACAMONTA 2022

Der Vorstand spricht dem Redaktionsteam und der Chefredakteurin Frau Dr. Annett Wulkow Moreira da Silva seine Anerkennung und seinen hohen Dank für die wiederum gelungene Ausgabe 2022 der Zeitschrift ACAMONTA aus. In der Herausgeberschaft von VFF, Universität und Frau Dr. Krüger weist der Jahrgang 2022 mit seinen 254 Seiten ein maximales Volumen in der Quantität, aber auch in der Qualität als Überblick zum Vereins- und Universitätsjahr aus. Aus Aufwands- und Kostengründen werden künftige Jahrgänge etwas schmaler ausfallen müssen. Das Redaktionskollegium hat die ACAMONTA inzwischen zu einer beliebten und stark beachteten Publikationsform entwickelt.

Weitere wesentliche Aktivitäten

- Die zwei Hilfsfonds für Studierende, Barbarafonds für Migranten-Studie-

rende (45 T€) und Coronafonds für Finanz-Notfälle (132 T€) sind mittlerweile ausgeschöpft. Für spezielle Fälle steht aber das laufende VFF-Budget weiterhin zur Verfügung.

- Die Zweckprojekte von Universitätsangehörigen oder Instituten werden im Umfang von etwa 50 Projekten im Jahr betreut. Jeder neuberufene Professor wird in einem VFF-Vorstellungsgespräch auf die Projekt-Finanzierungsmöglichkeit hingewiesen und natürlich für eine VFF-Mitgliedschaft geworben.
- Der VFF beteiligte sich finanziell und organisatorisch an der Ehrung für Frau Dr. Erika Pohl-Ströher, Stifterin der Mineralienausstellung „terra mineralia“ im Freiburger Schloss, zu der ihre Söhne angereist waren: Das Medaillon im Eingang der „terra mineralia“ wurde eingeweiht, die Pohl-Eiche an der Neuen Mensa gepflanzt, die VFF-Ehrenarschleder

den Söhnen in der Betstube der „Alten Elisabeth“ verliehen.

- Der VFF bereitet sich als ein Gesellschafter für ein neu zu gründendes Unternehmen zur Betreuung von Start-up-Firmen vor, die aus der TU Bergakademie Freiberg hervorgehen. Gesellschaftsvertrag und Stammkapital werden bereitgehalten.
- Die Pflege historischer Grabmale Freiburger Professoren auf dem Donatsfriedhof ist eine immer wiederkehrende, aber nicht zu unterschätzende Aufgabe. Besonders ist hier Herrn Andreas Gerber (Dezernat Bau- und Gebäudemanagement) zu danken, der mit seiner Frau die Grundpflege von etwa 45 Gräbern jährlich durchführt.

Posthumer Dank an verstorbenes Mitglied Rudolf Lehmann

Hans-Jürgen Kretzschmar

Unser langjähriges, aktives Mitglied Rudolf Lehmann aus Borna ist am 24. Juli 2023 im Alter von 88 Jahren verstorben. Wir behalten ihn in ehrender Erinnerung.

Er vertrat den VFF im Dachverein Mitteldeutsche Straße der Braunkohle und hielt den Kontakt zur MIBRAG GmbH, auch als Mitglied der VFF-Fachgruppe Tagebau.

Zur Mitgliederversammlung am 17. Juni 2022 übergab er gemeinsam mit Herrn Dr. Klaus Ebel die Semes-

terfahre der Bergleute 9. Semester 1958 an den Rektor.

Noch vor seinem Lebensabschied wünschte er sich statt Blumen und Kränze Spenden der Hinterbliebenen an unseren Verein. Somit erhielt der VFF Spenden in Höhe von 3 T€, eine dankenswerte Zuwendung.



Rudolf Lehmann

Unterstützung für die Vernetzung von mosambikanischen Studierenden

Manuela Junghans

Am 31.5.2023, wenige Tage nach der Anreise der fünften Gruppe von mosambikanischen Studierenden (siehe Beitrag von Ingrid Lange ab S. 91), fand ein Treffen aller derzeitigen und ehemaligen mosambikanischen Stipendiaten des Bergbauministeriums Mosambiks (MIREME) an der TU Bergakademie im Brauhof Freiberg statt. Dieses Treffen

diente der Vernetzung und dem Erfahrungsaustausch aller Stipendiatengruppen: derjenigen, die bereits das Studium erfolgreich abgeschlossen haben, der Studierenden, die derzeit ihr Studium durchführen, der Studienkollegiaten sowie der neu angereisten Studierenden. Dies bot den MIREME-Vertretern, die die Studenten der 5. Gruppe nach Frei-

berg begleitet hatten, die Gelegenheit, sich in entspannter Atmosphäre mit allen aktuellen Stipendiaten auszutauschen. Außerdem waren fünf mosambikanische Austauschstudierende der Universität Leipzig zu Gast.

„Das Treffen mit allen mosambikanischen Studenten war eine gute Gelegenheit, alle am Projekt Beteiligten zu

treffen und zu verstehen, wie die Netzwerke aus der Zeit der DDR immer noch aktiv sind und wie sie künftig genutzt werden können“, so Esperança Bié, ehemalige MIREME-Stipendiatin der zweiten Gruppe und jetzt wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage. Sie bezieht sich damit auf die Begrüßungsrede von Prof. Carsten Drebenstedt, Koordinator des Programms mit MIREME, der die Hintergründe zur Entstehung der Vereinbarung mit MIREME erläuterte: „Ziel der Vereinbarung ist die Qualifizierung von Nachwuchskräften für Mosambik, die in die Fußstapfen derer treten, die in den 70er und 80er Jahren an der TU Bergakademie Freiberg ausgebildet wurden. Diese Generation geht nach und nach in den Ruhestand und gut ausgebildete junge Fachkräfte werden benötigt.“

Die Stipendiaten, die kürzlich das Studium beendet haben, wurden von Frau Lange, Direktorin des Internationalen Universitätszentrums, mit einem Erinnerungsgeschenk an die TU Berg-

akademie Freiberg verabschiedet. „Zu sehen, wie diejenigen, die das Studium erfolgreich abgeschlossen haben, mit einem Geschenk verabschiedet werden, dient uns als Ansporn, dasselbe Ziel zu erreichen“, resümiert José Freitas Baloi, Stipendiat der fünften Gruppe. „Es war für uns sehr wichtig, als Neue sofort Beziehungen zu den anderen Studenten zu knüpfen, die bereits hier studieren

oder arbeiten. Dies vereint uns Mosambikaner und erleichtert uns den Start in Freiberg.“

Unser herzlicher Dank gilt den Sponsoren, die diese Veranstaltung möglich gemacht haben: dem Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg, Herrn Horst Herold sowie dem Bergbauministerium Mosambiks.



Ingrid Lange, Direktorin des International Office, bei der Begrüßung der Anwesenden

Akzeptanz im Lokalen: Wie Energiewende und Rohstoffgewinnung in Deutschland gelingen können

Bernhard-von-Cotta-Preis 2022

Stefanie Walter

Energie- und Rohstoffe, in Deutschland jahrzehntelang wie selbstverständlich verfügbar und günstig, sind u. a. durch die fehlenden Ströme aus Russland plötzlich teurer oder gar so rar, dass das Heizen im Winter nicht mehr zwingend gesichert scheint. Die Energiewende hin zu einer möglichst autarken Energieversorgung mittels Erneuerbaren Energien wird darum politisch als „Freiheitsenergien“ (RND, 2022) geframed. Dass diese Transformation der Energieumwandlung, welche auch von einer gesicherten Rohstoffversorgung abhängig ist, leicht in Deutschland umzusetzen wird, ist jedoch keineswegs als gesichert anzunehmen. Dies zeigen die Ergebnisse der Forschung von Dr.-Ing. Stefanie Walter an der TU Bergakademie Freiberg.

Erstmals wurde 1.) die (In-) Akzeptanz der sächsischen Bevölkerung gegenüber elf Energieumwandlungs- und Rohstoffgewinnungs-

vorhaben untersucht sowie 2.) die Ergebnisse mit einer Befragung von Unternehmensvertreter:innen verglichen und 3.) geprüft, inwieweit verschiedenartige Kommunikationsmaßnahmen geeignet sind, das (In-) Akzeptanzniveau zu verbessern. Die Ergebnisse wurden anschließend genutzt, um 4.) eine Webapplikation zu entwickeln, die einen direkten Wissenstransfer in die Wirtschaft erlaubt. Unternehmen des Energie- und Rohstoffsektors können mittels dieses Akzeptanz-O-Meters das lokale (In-) Akzeptanzniveau in einem bestimmten Landkreis in Sachsen gegenüber einem geplanten Projekt ebenso erfahren wie potenziell geeignete Maßnahmen, um dieses positiv zu verändern. Die Webapplikation wurde abschließend 5.) durch Industrievertreter:innen auf ihre Praxistauglichkeit getestet.

Zu 1.) Die bevölkerungsrepräsentative Umfrage in Sachsen ergab, dass so-

ziopolitische Akzeptanz für eine Technik des Energie- und Rohstoffsektors keineswegs zur Akzeptanz von Projekten im 5 km-Umkreis ihres Wohnorts führt. Vielmehr ist das (In-) Akzeptanzniveau für Projekte im unmittelbaren Lebensumfeld stets geringer, als es für die Technik als solche ist. Befragt wurde die Bevölkerung nach ihrer (In-) Akzeptanz gegenüber fossiler Energieumwandlung mittels Kohle-, Öl- und Gaskraftwerken, gegenüber erneuerbarer Energieumwandlung mittels Windkraft-, Wasserkraft-, Solar-, Biomasse- und Geothermieanlagen, gegenüber Rohstoffgewinnung mittels Tage- und Untertagebau sowie zu Vergleichszwecken gegenüber Atomkraftwerken. Zudem wurde der Einfluss von Interesse, Wissen und Akzeptanzfaktoren wie der Erfahrung mit der jeweiligen Technik auf die (In-) Akzeptanz untersucht.

Zwar wird ein neues Vorhaben zur regenerativen Energieumwandlung von

49,2 % der sächsischen Bevölkerung in ihrem lokalen Umfeld akzeptiert - und damit deutlich mehr als solche zur fossilen Energieumwandlung (15,0 %) und zur Rohstoffgewinnung (13,6 %), bei denen lokal hohe Inakzeptanzwerte herrschen. Die Akzeptanz gegenüber erneuerbarer Energieumwandlung gilt jedoch nicht für alle Anlagearten gleichermaßen. So werden Wasserkraft- und Solaranlagen lokal stärker akzeptiert als Geothermie, Windkraft und Biomasse (Abb. 1). Mit dem Bildungsgrad, dem Interesse am Thema Energie und höherem Involvement steigt das Akzeptanzniveau gegenüber erneuerbarer Energieumwandlung. Während die Differenz zwischen soziopolitischer und lokaler (In-)Akzeptanz bei erneuerbaren Energien vergleichsweise gering ausfällt, gilt dies weder für fossile Energieumwandlung noch für Rohstoffgewinnung. Die größten Unterschiede bei der Inakzeptanz sind bei einem Kohlekraftwerk (+39,9 Prozentpunkte) und einem Tagebau (+35,5 Prozentpunkte) festzustellen. Die Rohstoffgewinnung ist - abge-

öffentliche Meinung nicht vollständig umkehren, sie kann die Tendenz jedoch beeinflussen. Jedoch gaben 52,8 % der Unternehmen als Problem an, über zu wenig Personal bzw. zu geringes Budget für Öffentlichkeitsarbeit zu verfügen, weitere 33,3 % wussten nicht, welche Maßnahmen sie nutzen sollten.

Zu 3.) Aufgrund der Dissonanz sowie der angegebenen Unkenntnis bezüglich geeigneter Instrumente wurden verschiedenartige kommunikative Maßnahmen auf ihre Eignung untersucht, das (In-)Akzeptanzniveau zu verbessern. Die Bewertung der Kommunikationsinstrumente erfolgte systematisch in den PEO-Kategorien (Corcoran, 2009) anhand der Media-Richness-Theorie (Daft & Lengel, 1983) sowie einer Befragung von Kommunikationsexpert:innen. Zwar kann für die Akzeptanzkommunikation auf das gesamte Spektrum der Kommunikationsinstrumente zurückgegriffen werden, besonders geeignet sind jedoch persönliche, dialogorientierte Maßnahmen. Insbesondere für Rohstoffprojekte

der Befragten leicht oder stark verbessern würde, wenn Arbeitsplätze in der Region geschaffen würden, nach Projektende neue Naturschutzflächen oder den Bürger:innen zugängliche Wasserflächen entstünden, die Infrastruktur vor Ort ausgebaut, die Gemeinde davon finanziell profitieren, das Unternehmen soziale Einrichtungen unterstützen und Rohstoffe günstiger würden. Solche Argumente in ihre frühzeitige Kommunikation mit den betroffenen Bürger:innen einzubeziehen, um Fürsprecher:innen zu gewinnen und die Akzeptanz auf Unentschlossene zu übertragen, kann für die Unternehmen deshalb zum Erfolg in Form eines höheren Akzeptanzniveaus führen. Der Faktor der regionalen Wertschöpfung gilt ebenfalls für erneuerbare Energieumwandlungsanlagen, weshalb sich die Einbindung von Testimonials empfiehlt, die ihre persönlichen Vorteile glaubhaft darlegen. Ebenso kann bei erneuerbaren Energieumwandlungsanlagen eine direkte finanzielle Erleichterung der Anlieger:innen durch eine Stromkostensenkung oder eine finanzielle Beteiligung durch Bürger:innengenossenschaften geprüft werden. Besonders für Bergbauprojekte ist anzuraten, die langfristigen Chancen der Nachnutzung zu planen, zu thematisieren und ansprechend zu visualisieren. Die Wahl der richtigen Kanäle hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg der kommunikativen Begleitung. Für die Veränderung der Akzeptanz der Unentschlossenen spielen neben dem direkten Gespräch mit Projektträger und Expert:innen ebenso die regionalen Medien und Gespräche mit dem persönlichen Umfeld eine bedeutende Rolle.

Zu 4. und 5.) Um einen direkten Wissenstransfer der Erkenntnisse in die Energie- und Rohstoffwirtschaft Sachsens trotz der geringen Ressourcen der Unternehmen für Öffentlichkeitsarbeit und damit Akzeptanzkommunikation zu ermöglichen, wurde die Webapplikation Akzeptanz-O-Meter entwickelt (Abb. 2). Ziel der Entwicklung war, den voraussichtlichen Akzeptanzvorschlagswert sowie akzeptanzsteigernde Maßnahmen für konkrete Projekte verschiedener Anlagearten in unterschiedlichen Landkreisen aufzuzeigen. Vier Unternehmensrepräsentant:innen der Energie- und Rohstoffbranche bewerteten die Praxistauglichkeit und somit den Nutzen. Die Applikation

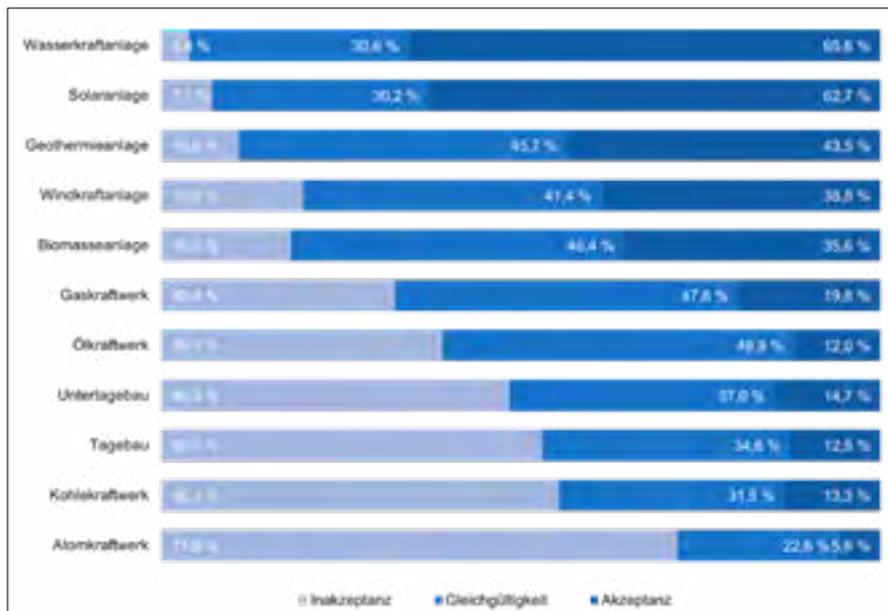


Abb. 1: Lokale (In-)Akzeptanzausprägungen gegenüber Anlagearten; Stichprobengröße von 995–1.002

sehen von Kohle- und Atomkraftwerken - am wenigsten akzeptiert.

Die Befragung der Unternehmensvertreter:innen des Energie- und Rohstoffsektors in Sachsen ergab u. a. eine Dissonanz der von ihnen angenommenen zur erfassten (In-)Akzeptanz der Bevölkerung: Das Akzeptanzniveau war unabhängig von der Art des Vorhabens deutlich geringer, als es die Unternehmensvertreter:innen annahmen. Zwar kann Kommunikation die

gestaltet sich die lokale Akzeptanzgenerierung jedoch schwierig. Die positiven Folgen der Projekte, die nach Meinung der sächsischen Bevölkerung insbesondere geringere Kosten, Sicherung von Arbeitsplätzen, Reduzierung von Transportwegen, Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit von Importen umfasst, sind zuvorderst soziopolitischer Natur. Die sachsenweite Umfrage zeigte jedoch, dass sich die Akzeptanz für einen Tagebau bei mehr als der Hälfte

als Ganzes betrachtend, vergeben zwei Unternehmen das Urteil sehr gut und zwei die Bewertung gut. Alle Unternehmensrepräsentant:innen geben an, die Anwendung zukünftig nutzen zu wollen.

Literaturverzeichnis:

RND – RedaktionsNetzwerk Deutschland (2022, 27. Februar). Lindner: Erneuerbare Energien sind „Freiheitsenergien“ – Zustimmung von Lauterbach. RND.de. <https://www.rnd.de/politik/lindner-zu-krieg-in-der-ukraine-erneuerbare-energien-sind-freiheitsenergien-lauterbach-stimmt-zu-ZQGHV->

BLMTJFJHBB3F3HLNE63NA.html

Corcoran, S. (2009, 16. Dezember). Defining Earned, Owned, And Paid Media. Forrester. https://go.forrester.com/blogs/09-12-16-defining_earned_owned_and_paid_media/

Daft, R. L. & Lengel, R. H. (1983). Information Richness: A New Approach to Managerial Behavior and Organization Design. Department of Management Texas A&M University. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.469.3265&rep=rep1&type=pdf>

Transparenzhinweis:

Diese Veröffentlichung basiert auf der an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg angefertigten Dissertationsschrift von Dr.-Ing. Stefanie Walter.

Danksagung:

Die Promotion wurde durch die Europäische Union, den Freistaat Sachsen und die MIBRAG Neue Energie GmbH sowie durch ein Promotionsabschluss-Stipendium der TUBAF gefördert. Herzlichen Dank für die Anerkennung mit dem Bernhard-von-Cotta-Preis durch den Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.!

Autorin:

Dr.-Ing. Stefanie Walter (walter@hs-mittweida.de) studierte Medienmanagement, Information and Communication Sciences sowie Nachhaltigkeit in gesamtwirtschaftlichen Kreisläufen an der Hochschule Mittweida. Sie promovierte an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TUBAF. Derzeit arbeitet sie als Assistent Professor für integrierte europäische Nachhaltigkeitskommunikation an der HS Mittweida.



Abb. 2: Webapplikation, Auszug

Die Zirkon-Raman-Methode zur Datierung von Gesteinen

Bernhard-von-Cotta-Preis 2022

Birk Härtel¹

Geologische Prozesse wie Gebirgsbildung, Erosion, Versenkung in Sedimentbecken und die Heraushebung tief liegender Gesteinsschichten laufen über Millionen von Jahren ab. Für uns Menschen sind die Zeitskalen und Raten dieser Vorgänge also schwierig nachzuvollziehen. Zur Messung der geologischen Zeit sind spezielle Werkzeuge, Methoden zur Gesteinsdatierung vonnöten. In meiner Dissertation am geologischen Institut der TU Bergakademie Freiberg habe ich mich mit der Entwicklung einer neuen Datierungsmethode

beschäftigt.

In der Regel wird zur Datierung von Gesteinen der radioaktive Zerfall verwendet. Dies ist möglich, weil die Halbwertszeiten häufig auftretender radioaktiver Nuklide (z. B. ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K) in Größenordnungen geologischer Zeitskalen liegen. Ein gutes Beispiel für das Prinzip der Altersbestimmung ist die Uran-Blei-(U-Pb)-Datierung von Zirkon (siehe z. B. Tichomirowa, 2020). Über Millionen von Jahren zer-

fallen Uran- und Thorium-Isotope, die als Spurenelemente im Mineral Zirkon (ZrSiO₄) vorkommen, durch α-Zerfall zu Blei. Die Rate, mit der die Blei-Isotope im Zirkon angesammelt werden, hängt dabei vom Gehalt der radioaktiven Mutternuklide ab. Aus dem Konzentrations-verhältnis der Zerfallsprodukte und Ausgangsstoffe wird dann das Alter bestimmt.

Es existieren verschiedene Datierungsmethoden, die unterschiedliche

Zerfallsreihen und Minerale betrachten. Geologische Prozesse führen zur Bildung unterschiedlicher Minerale und beeinflussen die Konzentration der Mutter- und Tochternuklide auf verschiedene Art und Weise. Daher ist die Entwicklung neuer Datierungsmethoden von großem Interesse, um die geologische Geschichte einer Region besser zu verstehen. Im Rahmen meiner Dissertation am Institut für Geologie (betreut von Prof. Dr. Lothar Ratschbacher und Dr. Raymond Jonckheere) habe ich an der Entwicklung einer neuen Datierungsmethode, der Zirkon-Raman-Datierung, gearbeitet.

Diese Methode macht sich den Schaden zunutze, die der α -Zerfall im kristallinen Gitter des Zirkons hinterlässt: Bei jedem Zerfall sorgt die Emission des α -Partikels für den Rückstoß des Mutternuklids; dieser schlägt in der nächsten Umgebung mehrere tausend Atome aus ihrer Position. Über geologische Zeiträume akkumuliert ein Zirkon so Unordnung in seiner Struktur bis er vollständig amorph wird, also keine Fernordnung wie im kristallinen Gitter mehr vorliegt. Seit mehr als 100 Jahren haben sich Geologen mit diesem Effekt als Grundlage für eine Datierungsmethode beschäftigt (Joly und Rutherford 1913). Das Prinzip ist ähnlich der U-Pb-Datierung: Wenn man die Strahlenschädigung im Zirkon und den Gehalt der radioaktiven Elemente, Thorium und Uran, messen kann, kann man ein Strahlenschädigungsalter berechnen (Holland und Kulp, 1950).

Die vielversprechendste Methode zur Messung der Strahlenschädigung ist die Raman-Spektroskopie. Diese nutzt die Anregung von Schwingungen im untersuchten Material durch Bestrahlung mit einem Laser. Im Zirkon erzeugen Streck- und Biegebewegungen der Atombindungen in den SiO_4 -Tetraedern und Bewegungen zwischen den Tetraedern und den Zr-Atomen das Raman-Signal. Nasdala et al. (1995) zeigten, dass die Position und Halbwertsbreite der Raman-Banden im Zirkon in direktem Zusammenhang mit der α -Strahlungsdosis stehen. Abbildung 1 zeigt zwei Raman-Spektren: das eines synthetischen, also ungeschädigten Zirkons (grau) und das eines stark geschädigten Zirkons (grün), der über 300 Millionen Jahre Strahlenschäden akkumuliert hat. Die Raman-Banden des geschädigten Zirkons sind zu geringeren Wellenzahlen verschoben und deutlich breiter als die des ungeschädigten.

Für Zirkone, deren Strahlungsdosis

bekannt ist (berechnet aus dem U-Pb-Alter und dem Gehalt radioaktiver Nuklide), kann die Breite der Raman-Banden kalibriert werden, was ich für die vier in Abbildung 1 gezeigten Raman-Banden durchgeführt habe. Das Ergebnis dieses Experiments zeigt, dass sich die Breite der Raman-Bande bei ca. 356 cm^{-1} (ER) mit steigender Dosis am stärksten verändert. Diese Breite ist daher die sensibelste in Bezug auf die Strahlenschädigung und demnach am geeignetsten für die Raman-Datierung. Dies ist eine Verbesserung zu früheren Kalibrierungen, die nur die weniger sensible ν_3 -Bande bei ca. 1008 cm^{-1} untersuchten (z. B. Nasdala et al., 2001).

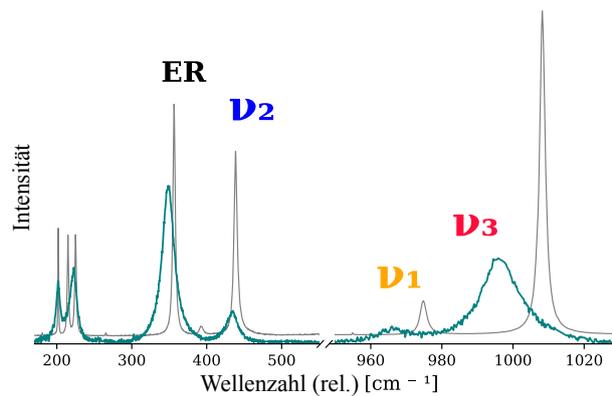


Abb. 1: Raman-Spektren eines ungeschädigten (grau) und eines stark geschädigten Zirkons (grün). Ausgewählte Raman-Banden sind mit ihrer Bezeichnung nach Kolesov et al. (2001) markiert.

Die in dieser Kalibrierung ermittelten Sensibilitäten und die angenommenen Bandbreiten eines ungeschädigten Zirkons erlauben die Abschätzung der vorhandenen Strahlenschädigungsdichte aus der gemessenen Raman-Bandbreite für jede der betrachteten Raman-Banden. Aus dem Verhältnis dieser Strahlenschädigungsdichte und den Uran- und Thoriumgehalten wird das Zirkon-Raman-Alter berechnet.

Die Interpretation eines Zirkon-Raman-Alters wird allerdings durch den Prozess der thermischen Ausheilung erschwert: Bei erhöhten Temperaturen repariert das Kristallgitter des Zirkons die Strahlenschädigung und setzt damit die geologische Uhr des Zirkon-Raman-Systems zurück. Die Datierung erlaubt also nur festzustellen, wie lange das Material sich bei Temperaturen unterhalb dieses Ausheilprozesses aufgehalten hat. Die Zirkon-Raman-Methode fällt also in das Feld der Thermochronologie, deren Aufgabe die Bestimmung der thermischen Geschichte eines Gesteins ist, damit die Datierung von Abkühl- und Aufheiz-Stationen über Millionen von Jahren.

dien über Millionen von Jahren.

Kontrollierte Aufheizung geschädigter Zirkonkristalle im Labor erlaubt, den Ausheilprozess nachzubilden und zu ermitteln. Bereits Geisler et al. (2001) zeigten durch Raman-Messungen der ν_3 -Bande vor und nach Aufheizung unter kontrollierten Bedingungen, dass die Ausheilung der Strahlenschädigung in Zirkon ein mehrstufiger Prozess ist. In einer Serie von Ofenexperimenten am Institut für Geologie konnten wir diese Erkenntnisse an vier Raman-Banden bestätigen (Härtel et al., 2021b; Abbildung 2). Die Bandpositionen und -breiten zeigen einen zweistufigen Ausheilprozess; alle vier Banden

werden dabei schmaler, reagieren jedoch leicht unterschiedlich in Bezug auf die Positionen: Während sich die Position der ν_1 , ν_3 - und ER-Banden in der ersten Ausheilstufe zu höheren Wellenzahlen verschiebt, wandert die der ν_2 -Position in die entgegengesetzte Richtung. In Stufe 2 bewegt sich diese Bande zu deutlich höheren Wellenzahlen; die anderen bleiben

hingegen bei einer nahezu konstanten Position.

Die Übertragung unserer Experimente von wenigen Minuten bis Tagen Dauer zu mehreren Millionen Jahren zeigt, dass Ausheilung über geologische Zeiträume bei Temperaturen zwischen ca. 200 und 480 °C stattfindet. Der überraschendste Befund dabei ist, dass die ER-Raman-Bande sensibler auf die Temperatur reagiert als die anderen Banden. Das für diese Bande berechnete Zirkon-Raman-Alter datiert also die Abkühlung des Gesteins durch einen niedrigeren Temperaturbereich.

Auch wenn die Ergebnisse dieses Laborexperiments den für die Zirkon-Raman-Datierung relevanten Temperaturbereich klar umreißen, ist zu überprüfen, inwiefern die Extrapolation der Ausheildauern im Labor zu geologischen Zeiträumen gerechtfertigt ist. Ein neues Forschungsziel ist daher unter anderem, diese Temperaturbereiche durch die Datierung von Gesteinen mit bekannter Abkühlungsgeschichte zu überprüfen. Auch die Anwendung der Zirkon-Raman-

Datierung in Kombination mit anderen Methoden, wie der U-Pb-, der Uran-Thorium-Helium- und der Spaltspurendatierung ist von Interesse, um die Geschichte eines Gesteins von der Bildung bis heute lückenlos zu dokumentieren.

Danksagung

Ich bedanke mich beim Verein der Freunde und Förderer für die Auszeichnung meiner Dissertation mit dem Bern-

hard-von-Cotta-Preis und die Möglichkeit, meine Forschungsergebnisse in der Acamonta vorzustellen. Ebenfalls möchte ich mich bei meinem Doktorvater Lothar Ratschbacher und meinem wissenschaftlichen Mentor Raymond Jonckheere bedanken, ohne die all dies nicht möglich gewesen wäre.

¹ Kontakt: University of Calgary, Kanada, birk.haertel@ucalgary.ca

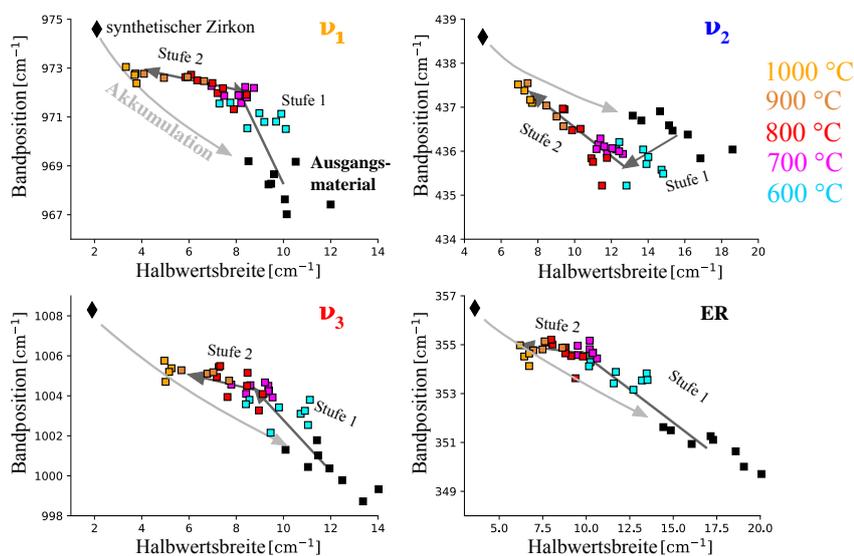


Abb. 2: Diagramme der Raman-Bandposition, aufgetragen gegen die Halbwertsbreite für die in Abbildung 1 gezeigten Raman-Banden für ein Aufheizexperiment. Die grauen Pfeile beschreiben die Änderung der Raman-Parameter, die ein Zirkon bei der Akkumulation und der Ausheilung der Strahlenschädigung erfährt. Die Datenpunkte zeigen ein Ausheilungsexperiment, bei dem mehrere Kristalle nacheinander für je eine Stunde im Ofen auf Temperaturen von 600 bis 1000 °C stufenweise aufgeheizt und danach zur Analyse abgekühlt wurden.

Literatur

- Geisler, T., Pidgeon, R. T., Van Bronswijk, W., und Pleyrier, R., 2001. Kinetics of thermal recovery and recrystallization of partially metamict zircon: a Raman spectroscopic study. *European Journal of Mineralogy* 13, 1163-1176.
- Härtel, B., Jonckheere, R., Wauschkuhn, B., Hofmann, M., Frölich, S., und Ratschbacher, L., 2021a. Zircon Raman dating: Age equation and calibration. *Chemical Geology* 579, 120351.
- Härtel, B., Jonckheere, R., Wauschkuhn, B., und Ratschbacher, L., 2021b. The closure temperature(s) of zircon Raman dating. *Geochronology* 3, 259-272.
- Holland, H. D., und Kulp, J. L., 1950. Geologic age from metamict minerals. *Science* 111, 312.
- Joly, J., und Rutherford, E., 1913. LXIII. The age of pleochroic haloes. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* 15, 664-657.
- Kolesov, B. A., Geiger, C. A., und Armbruster, T., 2001. The dynamic properties of zircon studied by single-crystal X-ray diffraction and Raman spectroscopy. *European Journal of Mineralogy* 13, 939-948.
- Nasdala, L., Irmer, G., und Wolf, D., 1995. The degree of metamictization in zircon: A Raman spectroscopic study. *European Journal of Mineralogy* 7, 471-478.
- Nasdala, L., Wenzel, M., Vavra, G., Irmer, G., und Kober, B., 2001. Metamictisation of natural zircon: accumulation versus thermal annealing of radioactivity-induced damage. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 141, 125-144.
- Tichomirowa, M., 2020. Das Erzgebirge vor 320 Millionen Jahren, Migration von Fledermäusen und mittelalterliche Gräber - Isotope machen verdeckte Spuren sichtbar. *Acamonta* 2020, 64-65.

Grubenwasser in Wales – Teilnahme an der IMWA 2023 Konferenz

Elke Mugova

Die Konferenz der International Mine Water Association (IMWA) ist mein jährliches Highlight und ich freue mich sehr, dass ich dank der Unterstützung des Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V. (VFF) an der IMWA 2023 teilnehmen konnte. Vom 16. bis 21. Juli 2023 fand im ICC in Newport, Wales, die IMWA 2023 unter dem Motto „THE FUTURE“ statt. Über fünf Tage verteilt nahmen ca. 200 Personen an der Konferenz teil. Bereits am Sonntagabend konnte ich zur Icebreaker Party alte Kontakte auffrischen und neue knüpfen, am Montag war dann der offizielle Beginn der Konferenz. Wie bei den IMWA Konferenzen üblich, startet jeder Tag mit zwei Keynote Vorträgen. Am Montag durfte ich den zweiten dreißigminütigen Keynote Vortrag halten und wählte dafür das Thema: „From Mega to Micro - Ex-

emplifying Investigation Scales in Mine Water Research“, um auf die Wichtigkeit von Raum- und Zeitskalen in der Grubenwasserforschung hinzuweisen.

Der restliche Montag als auch der Dienstag war mit jeweils 20-minütigen Vorträgen zu den Themen Grubenwasserchemie, aktive und passive Grubenwasserreinigung, Grubenschließung und -flutung, bergbauliches Erbe, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft im Grubenwassermanagement sowie sozioökonomische Fragestellungen im Bereich Grubenwasser gefüllt. Auch gab es in den zwei parallelen Sitzungen einen gesonderten Block zum Thema Grubenwassermanagement in Großbritannien, bei welchem auf die speziell in Wales angewendeten Methoden und Verfahren hingewiesen wurde. Für den Block „Mine Water Treatment“ mit fünf Vorträgen übernahm ich am

Dienstag die Sitzungsleitung (chair). Am Dienstagabend nahm ich in meiner Position als Schatzmeisterin der International Mine Water Association an der Sitzung des Redaktionsteams unserer Zeitschrift „Mine Water and the Environment“ teil, bei welcher auch ein Vertreter des Springer Verlags anwesend war. Am Mittwoch fand die mid-conference Exkursion statt. Ich wählte aus vier möglichen Optionen die Besichtigung des Taff Bargoed Regeneration Scheme, einer passiven Grubenwasserreinigung mit Schilf, welche auch als Landschaftspark genutzt wird. Am Nachmittag erfolgte die Besichtigung des Rhondda Heritage Park, eines ehemaligen Kohlebergwerks, welches in den 1980er Jahren geschlossen wurde. Am Mittwochabend nahm ich an der Sitzung des IMWA Vorstands teil und stellte in meiner Funktion als Schatzmeisterin

unter anderem den Finanzbericht von 2022 und 2023 vor. Für Donnerstag und Freitag standen wieder Vorträge auf der Agenda, ich referierte über „Mine Water Research with Analogue Modelling – The Agricola Model Mine“, also die Anwendung von analoger Modellierung in der Grubenwasserforschung.

Nach der Abschlussveranstaltung am

Flusses beitragen. Am nächsten Bergwerk, Wemyss, besichtigten wir die steilen Spülhalden, sahen aber auch, wie die Halde durch *Silene uniflora* und *Cladonia floerkeana* langsam wieder bewachsen wird. Als nächster Punkt stand das historische Bergwerk Frongoch auf dem Plan. Verschiedene Maßnahmen, wie Wasserumleitungen, werden durch die



Grubenwasseraustritt am Bergwerk Cwmystwyth Keynote

Freitagmittag begann für mich und weitere 20 Teilnehmer die post-conference Exkursion, welche von Natural Resources Wales, also der walisischen Umweltbehörde organisiert worden war. Noch am Freitagabend besichtigten wir Strata Florida, eine historische Abtei, welche eng mit den sich in direkter Umgebung befindlichen Blei- und Zink-Bergwerken in Verbindung steht. Diese Bergwerke, genannt Abbey Consols, haben durch das austretende Grubenwasser starken Einfluss auf das nahe liegende Naturschutzgebiet (Special Area of Conservation) Afon Teifi. Wir besichtigten die weltweit erste voll-dosierte Na_2CO_3 Grubenwasserreinigungsanlage, welche zur Reduzierung der jährlichen Einleitung von 1,5 Tonnen Zink durch das austretende Grubenwasser und die Haldenwässer beitragen soll. Nach der Übernachtung in Aberystwyth startete der Samstag mit der Besichtigung der Graiggoch mine und der Ceunant Hydro-power Station aus dem 20. Jahrhundert. Im in der Nähe befindlichen Bergwerk Frongoch wurden zwischen 1849 und 1889 ca. 3300 Tonnen Blei gefördert, welche auch heute noch zur starken Verunreinigung des Nant Cwmnewydion

Behörden getroffen, um die Verunreinigung durch das stark blei- und zinkhaltige Grubenwasser zu minimieren. Nach kurzer Busfahrt erreichten wir am Nachmittag die Bergwerke bei Cwmystwyth und besichtigten zuerst eine Pilotanlage zur passiven Grubenwasserreinigung mit Algen-Metall-Adsorptionsmittel. Anschließend wurde uns der historische Bergbau in Cwmystwyth erklärt, welcher bis in die Bronzezeit zurückreicht. Auch heute noch ist die Verunreinigung durch austretendes blei- und zinkhaltiges Gruben- und Haldenwasser immens, 24 Tonnen pro Jahr. Unser erstes Ziel am Sonntag waren die Bergwerke Parc und Hafna nahe Llanrwst. Bei Parc handelt es sich um das letzte Bleibergwerk in Wales, geschlossen im Jahr 1958. Natural Resources Wales hat an den Stollen verschiedene Messinstrumente, wie Durchflussmessstationen installiert, welche wir erläutern bekamen. Im Anschluss fuhren wir auf die Insel Anglesey und besichtigten eine Pilotanlage zur passiven Grubenwasserreinigung mit organischem Material (Holzspänen) und der Versorgung der Pumpe mit Solar- und Windenergie. Das hierbei gereinigte Grubenwasser

tritt aus dem Bergwerk Parys Mountain aus, einem der ältesten und größten Kupferbergwerke der Welt. Den riesigen Tagebau von Parys Mountain konnten wir nachfolgend besichtigen. Besonders interessant war dabei, die verschiedenen Stadien der Pyritverwitterung zu sehen und die Entstehung von saurem Grubenwasser (Acid Mine Drainage) nachzuvollziehen. Die pH-Wert Messung des Wassers ergab dann auch einen pH-Wert von 2. Uns wurde berichtet, dass das ins Meer austretende saure Grubenwasser sogar von der Schifffahrt genutzt wurde, um die Schiffe von Schnecken am Bug zu befreien. Auf der Rückreise am Montag besichtigten wir das ehemalige Kupferbergwerk Glasdir, in welchem zwischen 1850 und 1914 Abbau betrieben wurde. An selbiger Stelle wurde durch Frank Elmore das Flotationsverfahren zur Erzaufbereitung erfunden, die Gebäude sind teils noch erhalten. Als letztes Bergwerk auf der Exkursion besuchten wir Dylife, in welchem bis 1900 Blei und Kupfer abgebaut wurde. In diesem Bergwerk gab es das größte Wasserrad in Wales mit einem Durchmesser von 19,2 Meter. Auch an dieser Stelle wurden uns verschiedene Möglichkeiten erklärt, wie das austretende Grubenwasser behandelt wird und welche Vorgehensweisen in der Zukunft geplant sind. Die Exkursion endete am Montagabend am Konferenzzentrum in Newport.

An der IMWA 2023 Konferenz als auch an der post-conference Exkursion teilgenommen zu haben, war eine große Bereicherung für mich. Ich konnte meine Kontakte in der „Grubenwassercommunity“ weiter ausbauen. Auch habe ich viele neue Verfahren vor allem in Bezug auf passive Grubenwasserreinigung kennen gelernt und konnte mich mit Experten aus verschiedenen Bereichen austauschen. Vor allem die Exkursion trug viel für mein Verständnis zum Thema bei, einige Methoden lassen sich auf deutsche Altbergbaustandorte übertragen.



Vortrag von Elke Mugova über Skalen in der Grubenwasserforschung

Fachexkursion im Studiengang Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie vom 03.07.-07.07.2023

Susan Zimmer, Michael Görke, Marlene Mühlbach, Cassandra Jany, Annemarie Alexandra Otto, Alba Kießling, Korbinian Hohenadl, Dominic Voland, Paul Rippich

Zum Ende des Vorlesungszeitraumes veranstaltete das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie seine Jahresexkursion für die Studierenden des Studiengangs Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie. Abbildung 1 zeigt alle Exkursionsteilnehmer vor der Befahrung des Salzbergwerks in Berchtesgaden, zusammen mit dem zuständigen Markscheider Herrn Lochner (3.v.l.).

dann noch ein Stopp im Bayrischen Wald vorgesehen. Hier war der Besuch des geodätischen Observatoriums in Wettzell der insgesamt letzte Programmpunkt. Abbildung 2 zeigt den Wegverlauf der Exkursion durch Süddeutschland.

Je zwei Studierende waren für die Erstellung eines Teilberichts zu einer der fünf Stationen verantwortlich, so dass dieser Bericht die jeweiligen Teilberich-

te zusammenfasst.

Montag (3.7.2023) Der Neubau Overfly am Autobahnkreuz Nürnberg-Ost

Die durchschnittliche Verkehrsbelastung am Autobahnkreuz Nürnberg-Ost (A6-A9) beträgt rund 136.000 Kfz/24 h, wovon etwa 20.000 Kfz/24 h bei einem Spitzenwert von bis zu 1.800 Kfz/h auf den Übereckverkehr der Relation Heilbronn-Berlin entfallen. Da die bestehenden einstreifigen Rampen ihre Leistungsgrenze überschritten haben, kommt es durch die kreuzenden Verflechtungsvorgänge häufig zu Staus und Unfällen. Im Zuge der grundlegenden Ertüchtigung des Knotenpunkts ist daher ein neues Überführungsbauwerk, ein sogenannter Overfly, in Form einer 6-feldrigen Stahlverbundbrücke mit niedrigen Pylonen und flach abge-spannten Schrägkabeln vorgesehen. Zur Errichtung der Brücke wurde eine Arbeitsgemeinschaft gebildet, bestehend aus der Implenia Construction GmbH und Donges SteelTec GmbH unter der Bauoberaufsicht der Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nordbayern. Abbildung 3 zeigt die Brücke im Zustand des Baus des Dritten Abschnitts nach dem zweiten Verschub.

Der Bauleiter der Autobahn GmbH, Dipl.-Ing. Weber, erklärte zunächst die Spezifikationen der Brücke und den Bauablauf. Die Brücke erreicht eine Länge von 588 m bei einem konstanten Radius von 600 m und maximalen Spannweiten von 115 m. Um die Eingriffe in den laufenden Verkehr zu minimieren, erfolgt die Ausführung im Taktschiebeverfahren. Dabei werden zunächst die Pfeiler hergestellt, anschließend wird die Brücke im,



Abb. 1: Die Exkursionsteilnehmer bereit zur Befahrung des Salzbergwerks Berchtesgaden

Die Exkursionsgruppe bestand aus insgesamt 13 Personen, darunter 10 Studierende, zwei Mitarbeiter/innen (Dr. Martienßen - Exkursionsleiter, Frau Dipl.-Ing. van den Boogaart) und der Institutsdirektor, Prof. Benndorf (obere Reihe Mittel).

Geplant war, in fünf Tagen fünf Betriebe oder Institutionen zu besuchen. So war am Montag die Besichtigung der Fertigung einer Stahlbogenbrücke am Südkreuz Nürnberg Ost vorgesehen. Am Dienstag stand der Besuch des Kaolintagebaus Hirschau der Amberger Kaolinwerke auf dem Programm. Am Mittwoch war die Besichtigung des Baus des Brennerbasistunnels vorgesehen und am Donnerstag sollte eine Führung mit dem Markscheider Herrn Lochner durch das Salzbergwerk Berchtesgaden folgen. Am Rückreisetag war



Abb. 2: Stationen der Fach-Exkursion 2023 (Abbildung: Dr. Martienßen)

dem südlichen Widerlager vorgelagerten Vormontageplatz- dem Taktkeller - zusammengesetzt und mit einer Geschwindigkeit von ca. 8 m/h in sechs Takten über die Autobahn hinweg auf Teflon-Gleitlagern in ihre finale Lage verschoben. Die maximalen Verschiebungen mit freier Auskragung betragen dabei 115 m, wobei unter Zuhilfenahme eines Vorbauschnabels eine möglichst frühzeitige Ableitung des Drucks der Brückenmasse auf den nächsten Pfeiler erreicht wird. Dies verringert die maximale Durchbiegung der Brücke auf ca. 2,3 m und gewährleistet zusätzlich zur um 1 m erhöhten Montageposition der gesamten Brücke die Erhaltung des Lichtraumprofils der darunter verlaufenden Autobahn. Nachdem die Brücke ihre endgültige Lage erreicht hat, muss sie daher wieder um 1 m „abgestapelt“ werden. Aus heutiger Sicht rechnet man mit der Fertigstellung Ende 2025.



Foto: Dr. Martinißen



Foto: Dr. Martinißen

Abb. 3: Ansichten der Stahlbogenbrücke nach dem zweiten Verschiebung

Dipl.-Ing. Wagner von der Planungsgesellschaft Oehmke & Herbert erläuterte die vermessungs-technische Überwachung des Bauablaufs. Grundsätzlich wurde das vorhandene Festpunktnetz der ArGe übernommen und im Bereich der Pfeiler sowie insbesondere des Taktkellers bei einer Lagegenauigkeit von ca. 2 cm verdichtet. Als problematisch bei der Einrichtung des lokalen Baustellenetzes erwiesen sich insbesondere die zahlreichen Punktverluste infolge der Größe des Gesamtbauvorhabens bzw. der bereits im Vorfeld bearbeiteten Bauabschnitte Rampe Berlin-Heilbronn

und Anschlussstelle Nürnberg-Fischbach.

Dienstag (4.7.2023) – Die Amberger Kaolinwerke Eduard Kick GmbH & Co. KG

Am Dienstag führte die Exkursion zur Amberger Kaolinwerke Eduard Kick GmbH & Co. KG am Standort Hirschau-Schnaittenbach. Vor Ort wurden wir vom verantwortlichen Dipl. Geologen Alexander Braatz und dem Bereichsleiter Tagebau, Herrn Dipl. Ing. Daniel Kaminski, empfangen. Zuerst stellte uns Herr Kaminski in einem kurzen Vortrag das Unternehmen vor, dabei auch die Abbauplanung, der Gewinnungstechnologie und einige strukturelle Besonderheiten. Danach erfolgte eine Befahrung der Tagebaugrube, gefolgt von einer praktischen Vorstellung der Drohnenvermessung durch den Markscheider Gustav Kuhn. Die Amberger Kaolinwerke betreiben als inhabergeführtes Familienunternehmen mit dem Tagebau Hirschau-Schnaittenbach den flächengrößten Tagebau Bayerns mit dem aktuellen Hauptabbaugebiet Hirschau. In der Lagerstätte stehen die Minerale Feldspat, Quarz und Kaolin an. Dabei vertritt Quarzsand etwa 80 % und die Minerale Feldspat und Kaolin die restlichen 20 % des Vorkommens. Die Orientierung lässt sich mit einem Einfallen von 7 Grad nach Norden beschreiben. Über den begehrten Rohstoffen lagern Humus mit einer Mächtigkeit von 0,5 m und der obere Buntsandstein mit einer Mächtigkeit von 20 m bis 25 m. Im darunter liegenden unteren Buntsandstein ist das Wertmineral vorzufinden. Aus den geförderten Rohstoffen werden Produkte für die Glas- und Keramikindustrie, aber auch für die Papierindustrie hergestellt. Dabei stellt der Keramikmarkt für den Standort mit 53 % des Umsatzes das größere Standbein und der Papiermarkt (37 %) das kleinere dar. Die restlichen 10 % werden von anderen Produktlinien generiert. Der kleinere Papiermarkt rührt vor allem vom sinkenden Papierbedarf in unserer Gesellschaft, während der Keramikmarkt durch den stetigen Bedarf an Fliesen, Sanitär- und Porzellanprodukten als solides Standbein gilt. Die übergeordnete Firmengruppe der Quarzwerke ist in 11 Ländern vertreten und wurde 1884 gegründet. Mit dem aktuellen Produktportfolio generiert sie einen Umsatz von etwa 600 Mio. Euro im Jahr. Im Tagebau

werden für die Gewinnung Hydraulikbagger, für die Förderung Dumper und Bandanlagen eingesetzt. Hierbei erfolgt die Übergabe an dafür eingerichteten Kippstellen um die Fahrwege der Dumper zu verkürzen. Von den Bandanlagen gelangt das Rohgut auf einen der Aufbereitung vorgeschalteten Haldenplatz. Auf dem Platz werden homogene Längshalden jeweils verschiedener Qualitäten aufgebaut, um damit auf Qualitätsschwankungen der Lagerstätte eingehen und einen konstanten Aufbereitungsprozess fahren zu können. Vom Haldenplatz gelangt das Material unter Einsatz eines Radladers in die am Standort eingerichtete Aufbereitung, um danach zumeist in Form von Silo- und Sackware verfrachtet zu werden. In Anbetracht der Nachfolgenutzung ist in den Jahren um 2060 bis 2070 eine Flutung des Tagebaus vorgesehen. Dafür ist ein Abflachen des Endböschungssystems auf 18,4 ° geplant. Teilweise werden auch Bereiche rückverfüllt. Es sollen Strandbereiche als Rückzugsorte für Mensch, Flora und Fauna entstehen. Für die Fläche der Werksgelände ist die teilweise Nachnutzung durch ein Gewerbegebiet geplant.

Für den Tagebau Hirschau-Schnait-



Foto: Dr. Martinißen

Abb. 4: Hydraulikbagger Hitachi EX1900 (190 t) bei der Gewinnung mit Dumper Bell B40 zur Förderung

tenbach ist alle drei Jahre das Risswerk bei der zuständigen Behörde einzureichen. Hierzu wird der Tagebau mit einer Drohne überflogen und die aufgenommenen Daten dann photogrammetrisch ausgewertet. Punkte höherer Genauigkeitsanforderungen wie auch Passpunkte werden mit GNSS eingemessen. Im Tagebauostfeld erfolgt eine jährliche Vermessung. Dadurch, dass durch den Bergbau in den Grundwasserhaushalt eingegriffen wurde, wird weiterhin ein Nivellement mit einer Standardabweichung von 1 mm pro Kilometer durchgeführt, um die in diesem Zusammenhang auftretenden Senkungen zu überwachen. Das Bergamt Bay-

reuth überwacht dabei als zuständige Aufsichtsbehörde die bergbaulichen Tätigkeiten des Unternehmens. Die vom Markscheider erzeugten Geodaten sind nicht nur für Überwachungszwecke des Bergamts gedacht, sondern stellen auch betriebsintern die Grundlage für bspw. die Erstellung und Aktualisierung des geologischen Lagerstättenmodells dar. Messtechnisch erfasste, aktuelle Generalneigungswinkel der Böschungen liegen bei Werten um 52° bzw. 38° , je nach Geologie der Außenböschung.

Die Tagebauvermessung mit Hilfe von Drohnen stellt eine schnelle und effiziente Methode dar, die auch im „Ein Personen-Messtrupp“ ausgeführt werden kann. Von Herrn Kuhn wurde uns je ein Modell der Marken senseFly und DJI vorgeführt. Beeindruckt war die Gruppe vor allem von der einfachen Handhabung des Geräts und der schnellen Datenaufnahme.

Durch die spätere Auswertung der



Abb. 5: typischer Außendienstleistungsplatz bei Drohnenvermessung (Markscheider Gustav Kuhn)

mit dem Verfahren in einem RTK-Flug aufgenommenen Daten lassen sich Modelle mit Standardabweichungen von 3 cm bis 5 cm in Lage und Höhe errechnen. Dies wurde uns vom Markscheider Kuhn im Anschluss an die Tagebaubefahrung in der Software Pix4D gezeigt. In dieser abschließenden Demonstration der Datenauswertung ergab sich ein reger fachlicher Austausch über das Verfahren - unter anderem über die Einflussfaktoren, gegebene Limitationen und diesbezügliche Lösungsansätze.

Mittwoch (4.7.2023) -Besichtigung einer Baustelle am Brenner Basistunnel (BBT)

An unserem 3. Exkursionstag fuhrten wir nach Steinach in Österreich zu einem der Informationszentren, die umfangreich über das Projekt des Baus des Brenner Basistunnels informieren.

Der Brenner Basistunnel soll ein neu-

er Verbindungsweg nach/von Italien durch Unterquerung der Alpen werden. Hier, unter dem Brennerpass, entsteht die längste unterirdische Eisenbahnverbindung der Welt. Der Brenner Basistunnel wird dem Güterverkehr eine attraktive Alternative bieten und dem Personenverkehr eine neue Dimension des Reisens eröffnen. Die Arbeiten am Brenner Basistunnel starteten am 30. Juni 2006 mit dem symbolischen Spatenstich. Im August 2007 begannen die Bauarbeiten für den ersten Abschnitt des Erkundungsstollens. Der Vortrieb erfolgt mittels Bohr- und Sprengarbeit sowie dem Einsatz mehrerer Tunnelbohrmaschinen, welche im Gegenortbetrieb arbeiten.

Geplanter Betriebsstart des Tunnels ist 2032. Für das Projekt belaufen sich die Kosten auf rund 10,5 Mrd. €.

Im Wesentlichen besteht der Brenner Basistunnel aus zwei eingleisigen Haupttunnelröhren, in denen die Züge künftig fahren werden. 12 m unterhalb der Doppelröhre befindet sich der zuerst aufgefahrene Erkundungsstollen (Abbildung 6).

Über die gesamte Tunnellänge sind

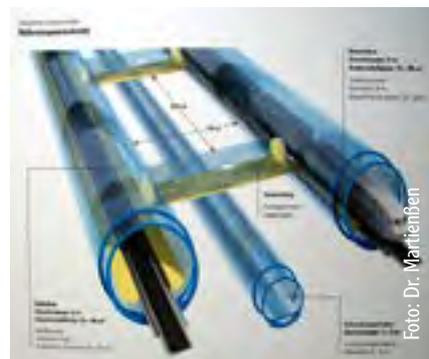


Abb. 6: Darstellung der geplanten Röhrenverläufe und ihre gegenseitige Verbindung

insgesamt drei Nothaltestellen sowie Verbindungen zwischen den Hauptröhren aller 333 m geplant. Diese dienen im Notfall als Fluchtwege. Mit allen Hilfs-, Flucht-, Neben- und Haupttunnelröhren zusammen umfasst das Tunnelsystem des BBT ca. 230 Tunnelkilometer. Davon sind 159 km bisher ausgebrochen. Von Innsbruck bis nach Franzensfeste weist der Brenner Basistunnel eine Länge von 55 km auf. Zusammen mit der Umfahrung Innsbruck erreicht der Tunnel sogar eine Länge von 64 km und stellt damit einen Weltrekord auf. Entsprechend den geologischen Verhältnissen und den technologischen Planungen erfolgt der Vortrieb der Röhren mit Tun-

nelbohrmaschinen oder im Bohr- und Sprengverfahren. In Spitzenzeiten rechnet man damit, dass bis zu acht Tunnelbohrmaschinen gleichzeitig im Einsatz sein werden. Im Laufe der Befahrung am mittleren Zugang in Wolf, kamen wir in eine der untertägigen Montagehallen, die für den Zusammenbau einer Tunnelbohrmaschine vorbereitet wurde (Abbildung 7).

In Zukunft sollen Züge den BBT



Abb. 7: Montagehalle und Startpunkt für eine der Tunnelbohrmaschinen

mit einer Geschwindigkeit von bis zu 250 km/h durchfahren. So verkürzt der Tunnel in Zukunft die Fahrzeit von Innsbruck nach Franzensfeste von 80 auf 25 Minuten. Es wird möglich sein, von München (Süddeutschland) nach Verona (Norditalien) in zweieinhalb Stunden zu fahren. Insgesamt sollen täglich 400 Züge den Brenner Basistunnel passieren, dies entspricht 200 Züge pro Röhre und ca. einem Zug aller 6 Minuten.

Beim Bau des BBT fallen insgesamt rund 21,5 Mio. m³ Ausbruchsmaterial an. Ungefähr ein Drittel davon eignet sich zur Aufbereitung und Verwertung als Betonzuschlagstoff. Die übrigen zwei Drittel werden auf mehrere Deponien verteilt und verstürzt. Die größte von ihnen ist mit einem Fassungsvermögen von 7,7 Mio. m³ die Deponie Padastertal (Abbildung 8).



Abb. 8: Besichtigung der Deponie Padastertal

Donnerstag (6.7.2023): Befahrung des Salzbergwerks Berchtesgaden

Am vierten Tag besuchten wir das Salzbergwerk in Berchtesgaden. Dort erwartete uns bereits Herr Wolfgang Lochner, führender Markscheider, um uns das Bergwerk und eine Kavernenvermessung mittels Sonde zu präsentieren. Zunächst erfuhren wir in einem Vortrag mehr über die Geschichte des Bergwerks, das Abbauverfahren und die Aufgaben der Markscheiderei (Abbildung 9).



Foto: Dr. Martinißen

Abb. 9: Vortrag von Markscheider Wolfgang Lochner über die Geschichte und den aktuellen Abbau im Salzbergwerk Berchtesgaden

Die Salzlagerstätte des alpinen Salinars wird schon seit den Kelten und Römern genutzt; ab dem zwölften Jahrhundert erfolgte der Salzabbau in Berchtesgaden. Im Jahre 1517 wurde die Petersberg Stollensole angeschlagen, somit kann sich das Bergwerk als das älteste noch in Betrieb stehende bezeichnen. Seit 2016 gehört es zur Südwestdeutschen Salzwerke AG (SWS AG). Der Freistaat Bayern ist Eigentümer des „Salz- und Solegrubenfeldes Berchtesgaden“, jedoch liegt das alleinige Nutzungsrecht bei der SWS AG. Von der Lagerstätte sind in SW-NO-Richtung 4,5 km und in NW-SO-Richtung 1,5 km aufgeschlossen, wovon sich wiederum in SW-NO-Richtung 2,5 km und in NW-SO-Richtung 1,5 km bereits im Abbau befinden. Auf fünf Sohlen verteilen sich insgesamt 120 km an Streckennetz, davon sind ca. 30 - 40 km befahrbar. Es werden pro Jahr zwischen 300 und 400 m an neuen Strecken aufgefahren. Aus dem Bergwerk werden jährlich 850.000 m³ Sole mit einem Salzgehalt zwischen 50 - 65 % gefördert. Die Sole wird zum Großteil zur Saline Bad Reichenhall transportiert, wo das bekannte Bad Reichenhaller Alpen Salz produziert wird. Daneben wird auch Industriesalz hergestellt. Das unter Tage benötigte Wasser wird zu 90 % aus Selbstwässern in der Grube entnommen. Die Wasserhaltung

wird nach Abschluss des Bergbaus als Ewigkeitsaufgabe bestehen bleiben. Durch den Abbau entstehen Konvergenzen im Streckenbereich, die sich allerdings nicht bis an die Tagesoberfläche fortsetzen. Diese Konvergenzen belaufen sich auf 2 -3 mm im Jahr und befinden sich im Monitoring.

Der Abbau des Salzes erfolgt im sogenannten „nassen Verfahren“ im Unterwerksbau (Abbildung 10).

Nach Abteufen eines Kernbohrlochs zur Untersuchung des Lagerstättenkörpers wird ein sogenannter Initialhohlraum vorgerichtet. Der erschlossene Hohlraum, auch als Bohrspülwerk bezeichnet, erstreckt sich über 125 m in der Tiefe und 67 cm im Durchmesser. In diesen wird Süßwasser eingeleitet, welches das Salz aus dem umliegenden Gestein herauslöst. Die wasserlöslichen Bestandteile setzen sich am Boden ab. Das Ausfördern von Sole und abgesetzten Bestandteilen erfolgt mittels Lufthebeverfahren. Der Abbau erfolgt von unten nach oben mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 cm pro Tag. Somit liegt die Betriebsdauer eines Bohrspülwerks bei 30 Jahren und ca. 1.300.000 m³ gewonnener Sole. Die Kaverne kann Dimensionen von max. 160 m Länge, 120 m Breite und 125 m Höhe annehmen. Über Regulierung des Zu- und Abflusses sowie des Ätzmaßes kann die Größe der Kaverne beeinflusst werden. Derzeit sind 30 Bohrspülwerke aktiv.

Nach dem informativen Vortrag ging es mit der Grubenbahn zu einer vierstündigen Befahrung unter Tage, die im Bereich des Besucherbergwerks begann. Nach ein paar allgemeinen Informationen und Benutzung einer Rutsche erkundeten wir die anderen Bereiche des Bergwerks, wie Entwässerungstrecken, Messstellen zum Nachweis von Gebirgsbewegungen, die Werkstatt etc. und eine Kaverne, die mittels Sonde bei unserer Ankunft vermessen wurde.

Die Überwachung der Bohrspülhöhlräume gehört neben den klassischen Aufgaben einer Markscheiderei auch zum Alltag und ist essenziell, um den Abbau einer Kaverne zu planen. In befahrbaren Hohlräumen wurde ein Ringpolygon mithilfe eines Hängezeugs erstellt, die Befahrung erfolgte über Boote. Im Zeitraum 2016/2017 wurde in Zusammenarbeit mit der Universität der Bundeswehr München auf Überwachung im Sondenbetrieb umgestellt

(Abbildung 11).

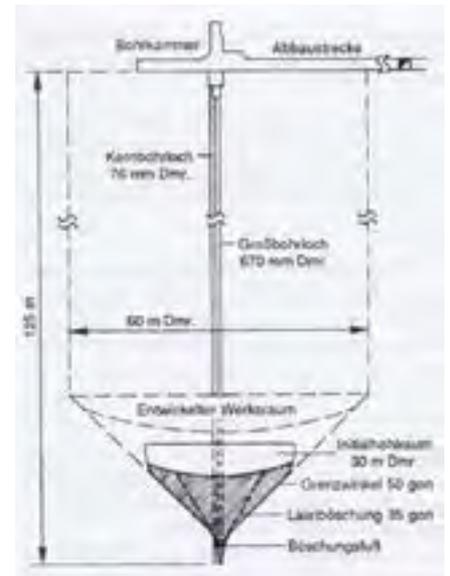


Abb. 10: Prinzip-Skizze zum Abbauverfahren der Nassgewinnung (Abbildung: M. Görke, M. Mühlbach)



Foto: Dr. Martinißen

Abb. 11: Die über dem Bohrloch hängende Kavernenmesssonde vor dem Start der Vermessungsbefahrung

Die Messmethodik der Kavernenmesssonde verbindet eine IMU mit einem 3D-Laserscanner. Sie ist mit Kameras und einem Gasmessgerät ausgestattet. Über eine Seilwinde wird sie langsam in den Hohlraum hinabgelassen und scannt die Kaverne. Um Messunsicherheiten durch Verdrehung der Seilwinde zu minimieren, erfolgt dies mit einer maximalen Geschwindigkeit von ca. 5 cm pro Minute. Die Genauigkeit der Sonde liegt im cm-Bereich. Als Messintervall wurden je 6 m Abbaufortschritt und eine vollständige Kavernenaufnahme nach Ende des Abbaus aller zwei Jahre festgelegt. Ein Nachteil der Sonde liegt darin, dass sie nicht „um die Ecke“ messen kann. Aus diesem Grund

wird gerade ein Messverfahren entwickelt, dass diesen Nachteil nicht mehr besitzt.

Radioteleskop im Bundesstaat Massachusetts der USA gemessen, wobei sich dieser Abstand nach 38 Jahren um ca.



Foto: Dr. Klügel

Abb. 12: Gruppenfoto vor dem größten Radioteleskop während der Führung auf dem Gelände des Observatoriums in Wettzell

Freitag (7.7.2023): Vortrag über und Führung durch das geodätische Observatorium in Wettzell

Am letzten Tag besuchten die Teilnehmer das in Zusammenarbeit vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) sowie der Technischen Universität München betriebene Geodätische Observatorium in Wettzell. Im Rahmen einer vierstündigen Führung sowie eines Fachvortrags wurden die generelle Arbeit des BKGs und die einzelnen Messsysteme des Observatoriums inklusive der verwendeten geodätischen Raumverfahren vorgestellt.

Die Very Long Baseline Interferometry (VLBI) benötigt mindestens zwei Radioteleskope, die die elektromagnetische Strahlung von Quasaren im Mikrowellen-Frequenzbereich aufzeichnen, um anschließend den Laufzeitunterschied der verwendeten Teleskope zu bestimmen. Anhand dessen sowie der Signalgeschwindigkeit lässt sich die Basislinie zwischen zwei Teleskopen ableiten. Stationiert sind im Observatorium drei solcher Radioteleskope. Dazu gehört das seit 1983 betriebene Radioteleskop mit 20 m Durchmesser, das weltweit bislang die meisten geodätischen Beobachtungen aufgezeichnet hat (Abbildung 12).

Mit diesem wird unter anderem seit vielen Jahren der Abstand zu einem

60 cm vergrößert hat. Mit diesen Informationen lassen sich dann Rückschlüsse auf die Plattentektonik ziehen. Die beiden anderen Teleskope sind TWIN-Teleskope, die einen Durchmesser von 13 m aufweisen und seit 2013 in Betrieb sind. Da sie kleinere Reflektoren besitzen und sich so schneller bewegen lassen, ist es mit ihnen möglich, in kürzerer Zeit mehr Messungen durchzuführen und bis zu 1.000 Elemente pro Tag anzuvisieren. Die Signale, die empfangen werden, sind nicht reproduzierbar und daher nicht komprimierbar, wodurch eine Aufzeichnung in vollem Umfang vonnöten ist. Es werden pro Tag mehrere Terrabyte an Daten aufgezeichnet.

Weiterhin gibt es in Wettzell seit 2001 einen unterirdischen 4 x 4 m großen Großringlaser, der kontinuierlich alle 30 Minuten die Erdrotation absolut erfasst und Änderungen der Erdrotation bestimmt. Mit ihm wurde bereits der Einfluss von Mondzeiten auf die Erdrotation untersucht; momentan werden Untersuchungen zum Einfluss der Ozeangezeiten durchgeführt. Der Großringlaser nimmt außerdem Rotationseffekte von Erdbeben wahr, sodass Rotationsseismogramme erstellt werden können. Dies ist weltweit einzigartig.

Die Durchführung von Laserentfernungsmessungen erfolgt im Observato-

rium mit Hilfe von zwei Messsystemen, dem Wettzell Laser Ranging System (WLRS) und dem Satellite Observing System Wettzell (SOSW). Das WLRS wird seit 1990 betrieben, besitzt ein 75 cm Teleskop und dient der Entfernungsmessung zu Satelliten und dem Mond. Für besonders schnelle Satelliten in niedrigem Orbit ist das seit 2015 in Betrieb befindliche SOSW mit seinem 50 cm Empfangsteleskop und seinem 16 cm Sendeteleskop. Die Entfernung eines Satelliten, der sich in einer Erdumlaufbahn von 20.000 km Höhe befindet, kann durch diese Systeme auf unter einen Zentimeter genau bestimmt werden. Mit den Messungen trägt das Geodätische Observatorium u.a. einen Teil zum International Terrestrial Reference Frame bei.

Eine Antenne für das DORIS-System (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) zur Satellitenbahnbestimmung und Positionierung nach dem Dopplerverfahren ist ebenfalls auf dem Observatoriumsgelände stationiert. Dafür werden von der Antenne Radiosignale in zwei Frequenzen ausgesendet, die von Satelliten registriert werden. Durch den Dopplereffekt werden Frequenzveränderungen der aufgezeichneten Radiosignale verursacht, wodurch die Bahn und die Geschwindigkeit des Satelliten abgeleitet werden können. Mit diesem Messsystem gehört das Observatorium einem internationalen Verbund von 60 Bodenstationen an.

Weltraumwetter werden ebenfalls im Geodätischen Observatorium beobachtet. Dazu wird mit einem Solar-Flux-Teleskop der Solar Flux Index im Radiofrequenzbereich gemessen, d.h. das Teleskop misst die Radiowellen, die die Sonne u.a. durch die Sonnenwinde aussendet. Dadurch kann die Sonnenaktivität bestimmt werden, wodurch wiederum die Erstellung von Modellen zur Vorhersage von Weltraumwetterereignissen ermöglicht wird. Dies ist wichtig, da Satellitensignale durch Weltraumwetter, wie Sonnenwinde, welche Magnetfeldlinien transportieren können und so Spannungen induzieren, gestört und verändert werden können. Aber auch eine Warnung vor starken Sonnenstürmen, die durch induzierte Spannungen Schäden auf der Erde verursachen können, wird so möglich.

Zur Messung der Erdanziehung und ihrer Schwankungen werden im Obser-

vatorium supraleitende Gravimeter verwendet. Dabei werden kleinste Veränderungen des Magnetfelds detektiert, die zum Beispiel durch Schwankungen der Erdrotation, Höhenänderungen oder den Einfluss von Gezeiten ausgelöst werden. Das gravimetrische Messsystem in Wettzell dient als Referenzstation für das Schwerenetz des Bundes und die Schwerenetze der Bundesländer.

Des Weiteren wird in Wettzell eine GNSS-Referenzstation und ein Operationszentrum für 20 weitere GNSS-Stationen betrieben. Ebenso werden Beobachtungen von Weltraum-

trümmern durchgeführt.

Mit vielen neuen Eindrücken kehrte der Exkursionstrupp wieder nach Freiberg zurück. Die Teilnehmer der Exkursion möchten sich zum Schluss recht herzlich für die finanzielle Unterstützung durch den Deutschen Marktscheider-Verein e.V. und durch den Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V. bedanken, ohne die ein so umfassendes Programm nicht umsetzbar gewesen wäre.

Quellen:

Hohenadl, K.; Volland, D.: Neubau Overfly Autobahnkreuz Nürnberg-Ost; Teilbericht 1 zur Exkursion 2023; Seite 1-2

Kießling, A; Rippich, P.: Exkursionsbericht vom 04.07.23 - Amberger Kaolinwerke Eduard Kick GmbH & Co. KG; Teilbericht 2 zur Exkursion 2023; S. 1-2

Jany, C.; Otto, A.; Bericht Brenner Basistunnel (BBT); Teilbericht 3 zur Exkursion 2023; S.1-2

Görke, M; Mühlbach, M.: Exkursion 2023; Tag 4 Salzbergwerk Berchtesgaden; Teilbericht 4 zur Exkursion 2023; S. 1-2;

Zimmer, S.: Tag 5 Bericht zum geodätischen Observatorium in Wettzell; Teilbericht 5 zur Exkursion 2023; S. 1-2;

Studentische Gruben- und Gasschutzwehr der TU Bergakademie Freiberg bei internationalem Wettbewerb erfolgreich

Patrick Reimann¹, Helmut Mischo²

Beim internationalen Wettkampf studentischer Grubenwehren, dem Mine Emergency Response Development (MERD), an der Colorado School of Mines belegte das Team der TU Bergakademie Freiberg den zweiten von sieben Plätzen. Das theoretische Wissen und die praktischen Fähigkeiten stammen teils aus den Lehreinheiten der Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage, teils von der studentisch geführten AG Grubenwehr.

Motivation und Herausforderung

Zum dritten Mal nach 2017 und 2019 ist die studentische Gruben- und Gasschutzwehr der TU Bergakademie Freiberg in diesem Jahr beim Vergleichswettkampf MERD in den USA angetreten. Die Freiburger Delegation bestand aus den fünf Bergbaustudenten Matthias Schultheis (Captain), Daniel Sensenschmidt (Gas Man), Patrick Reimann (Map Man), Erik Farys (First Aid Man) und Markus Fischer (Co-Captain) sowie dem Doktoranden Georg Meissner (Trainer/Fresh-Air Base) und Professor Helmut Mischo (Abbildung 1). Nachdem im Jahr 2019 bereits ein guter vierter Platz in der Gesamtwertung belegt wurde, konnte sich das Freiburger Team weiter steigern und landete auf einem hervorragenden zweiten Rang. Die Konkurrenz war in diesem Jahr mit vier US-amerikanischen und zwei kanadischen Teams ausschließlich nord-amerikanisch geprägt. Es wurden beim Wettkampf die US-amerikanischen

Standards und Leitlinien zu Grunde gelegt. Die Bewertung der Disziplinen erfolgte durch hauptamtliche Grubenwehrausbilder, Vertreter des regionalen Rettungs- und Sanitätsdienstes sowie Fachpersonal des National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) und der Mine Safety and Health Administration (MSHA).

Die Wettkampftage mussten von den Studenten geschlossen als Grubenwehrtrupp absolviert werden. Im Gegensatz zu deutschen Grubenwehrtruppen,

in denen alle Positionen im Trupp durch eine umfassende Ausbildung von jedem Wehrmann belegt werden können, praktizieren US-amerikanische Truppen eine andere Aufgabenverteilung und Formation (Abbildung 2). In der Regel sind die Wehrmänner ausschließlich auf ihre entsprechende Position im Trupp spezialisiert. So wird ein Trupp in den USA vom Captain (Truppführer) nicht nur hierarchisch geleitet, sondern auch auf der ersten Position angeführt. Der Captain als Kopf des Trupps ist für



Abb. 1: Die Studentische Gruben- und Gasschutzwehr der TU Bergakademie Freiberg vor dem Mundloch des Miami Tunnel. V. l. n. r.: Georg Meissner (Trainer/Fresh-Air Base), Matthias Schultheis (Captain), Daniel Sensenschmidt (Gas Man), Patrick Reimann (Map Man), Erik Farys (First Aid Man), Markus Fischer (Co-Captain), Professor Helmut Mischo



Abb. 2: Das Team TUBAF in US-amerikanischer Formation in Aktion.



Abb. 3: Große Seil- und Knotenkundeübung am ersten Wettkampftag.



Abb. 4: Versorgung eines an der Halswirbelsäule Schwerverletzten im Mass Casualty Szenario.

die Ersteinschätzung der untertägigen Verhältnisse zuständig. Er entscheidet nach Rücksprache mit der im Frischwetterbereich befindlichen Fresh-Air Base (Bereitschaftsstelle) über ein Grubenwehrteléfono oder Funk über das weitere Vorgehen in der Grube gemäß des Einsatzauftrages. Hinter dem Captain reihen sich an der zweiten Stelle der Gas Man (Spezialist für Gasmessungen), an der dritten Position der Map Man (Spezialist für Risswerksführung) ein. Diese beiden Wehrmänner unterstützen den Captain mit Informationen zur Zusammensetzung der Atmosphäre, zur Lokation innerhalb der Grube sowie über plötzliche Änderungen und Besonderheiten. Auf der vierten Position befindet sich der First Aid Man (Spezialist für Erste Hilfe), der sich bei der Auffindung von Verunfallten zunächst federführend der Versorgung und Behandlung der Personen widmet. An der

fünften und letzten Stelle im Trupp ist der Co-Captain (stellv. Truppführer) zu finden. Dieser übernimmt im Falle des Ausfalls des Captains das Kommando und hält dann die Kommunikation zur Fresh-Air Base aufrecht.

Der Wettkampf MERD und seine Disziplinen

Der dreitägige Wettkampf MERD fand von Mittwoch, dem 22.02.2023, bis zum Freitag, den 24.02.2023, an der Colorado School of Mines statt und umfasste mehrere Disziplinen. Die Bergbauuniversität mit Sitz in Golden betreibt außerdem die Edgar Experimental Mine inmitten der Rocky Mountains in Idaho Springs.

Der erste Wettkampftag diente der Gewinnung eines groben Überblicks über das Grubengebäude und die Aufgaben der bevorstehenden Tage. Es wurde zunächst ein Teil der Grube fußläufig befahren und die Kartierung der vorgefundenen Verhältnisse auf einem Grubenriss trainiert. Im Anschluss daran wurden die Grundlagen des US-amerikanischen Rettungswesens im untertägigen Vorlesungssaal durch ein Jury-Mitglied erläutert und hier bereits erste Unterschiede zum deutschen System festgestellt. Später fand im übertägigen Klassenraum auf dem Bergwerk eine Seil- und Knotenkundeübung statt, bei der Techniken zur Selbst- und Fremdrettung demonstriert und von den Wettkampfteilnehmern auch praktiziert wurden (Abbildung 3).

Am zweiten Wettkampftag stand die erste im Trupp zu absolvierende Disziplin bevor. Im Kellergeschoss eines Universitätsgebäudes in Golden wurde ein Mass Casualty Szenario (Massenverletztenereignis) vorbereitet. Hierzu wurde in einem dem Kammer-Festbau nachempfundenen Parcours ein Sprengunfall simuliert und mit Schreien der Verunfallten, Verdunklung, Nebelmaschinen und Signalhörnern in Szene gesetzt. Es galt, als fünfköpfiger Trupp alle neun Leicht- bis Schwerverletzten vor Ort schnellstmöglich zu versorgen, zu evakuieren und nach einer Triage dem Rettungsdienst zu übergeben. Die simulierten Verletzungen reichten von stressinduzierter Hysterie und Schürfwunden über offene Brüche an Armen und Beinen sowie Verbrennungen am ganzen Körper bis hin zu Wirbelsäulen- und tödlichen Verletzungen (Abbildung 4). Es konnten alle

Verletzten erfolgreich gerettet werden. Nach der praktischen Anwendung der Ersten Hilfe-Kenntnisse musste dieses Wissen später auch in einem schriftlichen Test nach US-amerikanischen Standards nachgewiesen werden. Des Weiteren musste der Umgang mit einem Defibrillator während einer Herz-Lungen-Wiederbelebung separat demonstriert werden.

Das Fachwissen in der Gerätekunde wurde ebenfalls am zweiten Wettkampftag begutachtet. Unser zum Gerätewart qualifizierter Wehrmann, der im Drägerwerk in Lübeck extra eine eintägige Einführung in das Dräger BG 4 erhalten hatte, musste sich im Rahmen des Benching theoretischen und praktischen Prüfungen zum Kreislaufatemgerät unterziehen. Teil dieser Disziplin war einerseits der Zusammenbau eines Dräger BG 4 mit all seinen Komponenten inklusive des anschließenden Funktionstests. Ferner mussten an einem zweiten Gerät Fehler erkannt und behoben werden. Für ein deutsches Team war es ungewohnt, dass diese Disziplin nicht in erster Linie auf Qualität, sondern insbesondere auch auf Zeit zu absolvieren war.

Am dritten und letzten Wettkampf-



Abb. 5: Sicherung des Trupps an einer Leine aufgrund von Rauchentwicklung und Beräumung des Fahrwegs.

tag waren der Trupp, aber auch die Fresh-Air Base unter Tage gefordert. Unter scharfem Gerät musste in einer zweieinhalbstündigen Übung ein simuliertes Einsatzszenario bewältigt werden. Der Einsatzauftrag betraf die

Rettung dreier vermisster Personen im nordwestlichen Teil der Grube infolge eines Sprengunfalls. Nach kurzer Lagebesprechung wurde die umfangreiche Erkundung in nordwestliche Richtung begonnen. Neben wechselhafter Atmosphäre und Bereichen geringer Gebirgsstabilität wurde die Erkundung durch eine Brandbekämpfung erschwert. Aufgrund entstandenen Rauchs und nicht atembaren Atmosphäre wurde zwischenzeitlich die Sicherung der Truppmänner an einer Leine notwendig (Abb. 5). Nachdem nach einer Stunde eine erste leblose Person aufgefunden werden konnte, wurde anschließend nach den anderen beiden Vermissten weitergesucht (Abb. 6). Das Szenario nahm eine überraschende Wendung, als der Captain nach zwei Stunden von der Jury angehalten wurde, im Bereich eines Überhauens mit unwegsamer Sole eine plötzliche Bewusstlosigkeit zu simulieren. Von nun an mussten die vier übrigen Wehrmänner die medizinische Versorgung des Captains sicherstellen, diesen und sein Kreislaufatemgerät mithilfe eines Spineboards zunächst von der Sole aufnehmen und anschlie-



Abb. 6: Erstversorgung einer leblosen Person.



Abb. 7: Versorgung des bewusstlosen Captains und Übernahme des Kommandos durch den Co-Captain.

gend auf einem fahrbaren Schleifkorb sichern. Das Kommando übernahm fortan der Co-Captain, der nun einen kontrollierten Rückzug einleitete (Abbildung 7).

Das Team der TU Bergakademie Freiberg ging im gesamten Wettkampfgeschehen, soweit möglich, gemäß den deutschen Vorschriften und Leitlinien vor und wich dabei stellenweise von den US-amerikanischen Standards ab. Das Vorgehen und Knowhow des Freiburger Teams überzeugte die Jury dennoch in allen Bereichen, insbesondere auf den Gebieten der Ersten Hilfe und des Umgangs mit Verunfallten. Trotz der Unterschiede der US-amerikanischen und deutschen Systeme konnte der zweite Platz belegt werden, was auf monatelanger universitärer Ausbildung und akribischem Selbststudium beruht. Zwar ist eine studentische Gruben- und Gasschutzwehr allein schon aus rechtlichen und versicherungstechnischen Gründen kein im Ernstfall einsatzfähiges Rettungsinstrument, doch werden so die zukünftigen Absolventen für das Berufsleben und ihre Verantwortung als Leitungspersonen sensibilisiert (Abbildung 8).



Abb. 8: Das Auseinanderbauen und Reinigen der benutzten Geräte nach der untertägigen Übung.

Universitäre Lehre und Vertiefung in studentischer Arbeitsgemeinschaft

Die Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage bietet mit zwei außergewöhnlichen Lehrveranstaltungen grubenwehrinteressierten Studenten interessante und abwechslungsreiche Einblicke in das Grubenrettungswesen. Im Grundlagenmodul „Sicherheit und Rettungswerke in der

Rohstoffindustrie“ wird zunächst theoretisches Wissen zu rechtlichen Aspekten, zu erfolgreichem Risiko- und Krisenmanagement in Bergbaubetrieben, sowie zum Aufbau und der Funktionsweise von Rettungswerken, Gruben- und Gasschutzwehren vermittelt. Nach der Absolvierung dieses Moduls sowie dem Bestehen der Tauglichkeitsuntersuchung für Atemschutzgeräte der Klasse 3 (G 26.3) kann das Nachfolgemodul „Studentische Gruben- und Gasschutzwehr“ besucht werden. Die dazugehörigen Lehreinheiten sind in theoretische und praktische Abschnitte auf dem Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ unterteilt. Das Modul wird mit einer untertägigen Gewöhnungsübung unter Trainingsgerät abgeschlossen, bei dem die Studenten als Grubenwehrtrupp agieren müssen. Die Lehrveranstaltungen werden mit einer jährlich stattfindenden Großübung untermauert, bei der die Studenten in einem simulierten komplexen Einsatzszenario als Krisenstab über Tage zusammenarbeiten müssen.

Außeruniversitär werden die Lehrinhalte im Kreis interessierter Studenten verschiedener Semester und Fachrichtungen, der AG Grubenwehr, einer Arbeitsgemeinschaft des Studentenrats, vertieft. In den alle zwei Wochen am Donnerstagabend stattfindenden Sitzungen werden in Form von Safety Moments stets grundlegende Erste Hilfe-Techniken praktiziert und durch größere Erste Hilfe-Übungen in unregelmäßigen Abständen untermauert. Die rund 20 Mitglieder bilden sich in ihrer Freizeit in den Sitzungen gegenseitig durch Vorträge, übertägige Trockenübungen und den Erfahrungsaustausch weiter. So geben bspw. der Feuerwehr oder dem THW angehörige Studenten ihre Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich der Brandbekämpfung, des Funkens oder der Knoten- und Seilkunde weiter. Zusätzlich zu den Sitzungen werden gemeinsame Exkursionen in aktive Gewinnungsbetriebe und Besucherbergwerke, aber auch zu Grubenrettungsstellen organisiert. Zwar stehen der AG Grubenwehr nur begrenzt Trainingsausrüstung und finanzielle Eigenmittel zur Verfügung, um regelmäßig auf einem höheren Niveau zu üben, jedoch können untertägige Übungen mit Unterstützung der Wirtschaft und Industrie, aber auch der Professur für Rohstoffabbau und Spezial-

verfahren unter Tage in unregelmäßigen Abständen verwirklicht werden. Vor allem in Hinblick auf den alle zwei Jahre stattfindenden MERD-Wettkampf in den USA soll so gezielt, umfassend und detailliert auch außerhalb der Vorlesungszeit trainiert werden. So verwundert es auch nicht, dass alle fünf Studenten des Freiburger Teams zum Wettkampf in den USA Mitglieder der AG Grubenwehr sind (Abbildung 9).

Ein herzliches Dankeschön für die Unterstützung zum MERD-Wettkampf im Jahr 2023 gilt der Glückauf-Clara-Stiftung, der Redpath Deilmann GmbH, dem Verband Bergbau, Geologie und Umwelt e. V., der MSW-Chemie GmbH, der Mitteldeutschen Braunkohlengesellschaft mbH, der Ercosplan Unternehmensgruppe, der Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH, der Lausitz Energie Bergbau AG, Dräger Safety AG & Co. KGaA sowie der TU Bergakademie Freiberg und dem Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.



Abb. 9: Der erschöpfte Grubenwehrtrupp nach der großen Untertageübung. V. l. n. r.: Georg Meissner (Trainer/Fresh-Air Base), Erik Farys (First Aid Man), Markus Fischer (Co-Captain), Patrick Reimann (Map Man), Daniel Sensenschmidt (Gas Man), Matthias Schultheis (Captain).

- 1 2. Vorsitzender der AG Grubenwehr AG Grubenwehr an der TU Bergakademie Freiberg, ag_grubenwehr@stura.tu-freiberg.de, <https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/grubenwehr>
- 2 TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, Professur für Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage, Helmut.Mischo@mabb.tu-freiberg.de

Frühjahrsakademie Mathematik/Informatik

Uwe Weber

Vom 27.2. bis 3.3.2023 veranstaltete die Fakultät für Mathematik und Informatik ihre 30. Frühjahrsakademie. Zweck der Veranstaltung ist es, Schülern ab Klasse 10 Vorträge und Workshops zu interessanten Themen aus Mathematik und Informatik anzubieten und ihnen Gelegenheit zu geben, sich – auch im persönlichen Gespräch mit Mitarbeitern und Studierenden – über die diesbezüglichen Studienmöglichkeiten in Freiberg zu informieren. Nachdem wir die Frühjahrsakademie in den letzten beiden Jahren pandemiebedingt nur online durchführen konnten, fand sie nun erstmalig wieder in Präsenz statt und erzielte dabei eine gute Resonanz – es nahmen 32 Schülerinnen und Schüler aus Sachsen und Brandenburg teil. Neben dem traditionell für die Übernachtung genutzten Pi-Haus benötigten wir daher wieder zusätzliche Plätze in einer Pension. Wir sind dankbar, dass uns der Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg wiederum bei den Übernachtungskosten finanziell unterstützt hat, so dass die

Teilnahme für die Schüler erschwinglich blieb.

Vom Vortragsprogramm sei hier nur erwähnt, dass sich neben Professoren und Mitarbeitern auch unsere Studierenden mit Präsentationen beteiligten, so mit Vorträgen über Anwendungen der Mathematik in der Medizin und über die mathematische Analyse von Spielen. Den Kollegen vom Institut für Informatik gelang es mit viel Engagement, trotz technischer Probleme infolge des vorausgegangenen Cyberangriffs wieder eine Vorstellung des Projektionsraums CAVE zu ermöglichen.

Die Gespräche mit Schülern bei der Abschlussrunde und eine anschließende anonyme Befragung ergaben eine positive Resonanz und auch bei 2/3 der Befragten Interesse an einem Studium in Freiberg, so dass die Frühjahrsakademie 2023 als Erfolg betrachtet werden kann.

Um auch die Sicht der Teilnehmer selbst darzustellen, sei hier der Bericht des Schülers Liam Pech zitiert:

„Wir (32 Schülerinnen und Schüler verschiedenster Schulen) wurden in den Bereichen Mathematik und Informatik eine Woche lang im Universitätsstil unterrichtet. Unsere Unterbringung war das Pi-Haus, in diesem haben wir in Essensgruppen gekocht und die Abende mit Gesellschaftsspielen verbracht. Wir lernten die Stadt Freiberg kennen, besuchten den Dom und die Gesteinsausstellung terra mineralia. Wir durften den Virtual-Reality-Raum namens „The Cave“ der TU besichtigen. In diesem wurden uns unter anderem ein Sonarscan von der Talsperre Malter, eine 3D Visualisierung eines neuen Filters sowie dessen Prototypen und ein Scan vom Lehrbergwerk Freiberg gezeigt. Dies war für alle Anwesenden sehr beeindruckend und brachte uns einen Teil der Forschungsmöglichkeiten an der TU nahe. Täglich hatten wir ca. 2-3 Vorlesungen, die allesamt interessant gestaltet und möglichst verständlich uns Anwesenden beigebracht wurden. Jeden Tag durften wir neue interessante Themengebiete der Mathematik



und Informatik kennenlernen. Ebenso konnten wir einen guten Einblick in das Leben einer Studentin/eines Studenten werfen und zahlreiche neue Erfahrungen sammeln.

Ich denke, ich kann im Namen aller Teilnehmer sagen, dass uns das Programm der Frühjahrsakademie gefallen hat und wir neue Erkenntnisse gewonnen haben. Deshalb danken wir allen Professoren, Studenten, dem Verein der Freunde & Förderer und allen weiteren Beteiligten, die uns diese Woche ermöglicht haben.“

Bohrtechnik-Exkursion der TU Bergakademie Freiberg

Telma da Silva, Christian Gläser

Den Studierenden der Fachrichtung „Tiefbohrtechnik, Erdgas und Erdölgewinnung“ bietet das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau zweijährlich in der letzten Woche des Wintersemesters eine fünftägige Exkursion an. Die Exkursion ermöglicht es den Studenten, einen praktischen Überblick über für die Bohrindustrie relevante Firmen zu erhalten und von aktuellen Projekten direkt vor Ort zu erfahren. Dieses Jahr nahmen sechs Studierende sowie zwei Betreuerinnen vom Institut an dieser Exkursion teil.

Tag 1 (27.03.2023): MB Well Services GmbH

Am ersten Tag fuhren wir von Freiberg nach Salzwedel zur Firma MB Well Services. Wir wurden herzlich begrüßt und von Michael Märten, dem Arbeitsschutzbeauftragten, unterwiesen. Dann informierte uns der Abteilungsleiter Daniel Hirschl mit einer Präsentation über die Firmengeschichte und Firmentätigkeit. Nach dem Vortrag besichtigten wir ein Lager, wo Elevatoren, Abfangkeile, Gestänge- und Tubingverbinder überprüft werden. Danach führte uns Herr Stammes auf das Außengelände



Abb. 1: Ausgemusterte Bohranlage auf dem Außengelände von MB Well Services

und zeigte die Werkstatt, wo wir einige Anlagen, wie die Bohranlage T46, die in Reparatur stand, besichtigten. Auch eine längst ausrangierte Bohranlage stand auf dem Hof (Abbildung 1).

Im Anschluss hörten wir von Herrn Hirschl eine Präsentation über Geothermieprojekte, wobei er uns insbesondere das Projekt Geothermal Super Single Ring (SSR) Concept näherbrachte. Bei diesem Projekt arbeiten die Firmen MB Well Service und Herrenknecht zusammen. Das SSR ist eine kleine Bohranlage mit einer Hakenlast von 250 t, einem automatisierten Hands-off Pipehandling-System und einem elektrischen Top Drive.

Tag 2 (28.03.2023): Baker Hughes und Drilling Simulator

Am zweiten Tag der Exkursion besuchten wir das Baker-Hughes-Technologiezentrum in Celle (Abb. 2). Nach dem herzlichen Empfang durch den Funktionsmanager für Maschinenbau Alexander Otto hörten wir drei interessante Präsentationen über die Firma, die technische Unterstützungsgruppe und das neue Lucida Advanced Rotary Steerable-System. Der ausgezeichnete, moderne Campus wurde uns von Herrn Schramm gezeigt. Wir besichtigten die elektrische Labor sowie die Fertigungsbereiche für Elektronik und Mechanik. Im Anschluss gab es eine kleine Mittagspause mit leckerem Imbiss, kühlen Getränken und anregenden Gesprächen. Während der Mittagspause informierte uns Elena Wujan über Karriere-möglichkeiten und zum Schluss gab es

eine kleine Präsentation über „Vielfalt und Integration“ von Informatikerin Tanita.



Abb. 2: Besuchergruppe mit Herrn Otto (ganz rechts) bei Baker Hughes

Nach der Firmenbesichtigung ging es zur β -Eta-Testbohranlage in Ahnsbeck (Abbildung 3). Das β -Eta-Rig ist eine Anlage, mit der alle Bohrwerkzeuge von Baker Hughes getestet werden, bevor Sie zur Vermarktung kommen. Die β -Eta-Bohranlage hat eine Höhe von 60 m, ein Hakenlast von 400 t und



Abb. 3: Exkursionsteilnehmer mit entsprechender Schutzausrüstung auf dem Gelände des β -Eta-Rig

darf laut Bergamt bis in eine Tiefe von 3000 m bohren.

Anschließend fuhren wir zurück nach Celle, um dort den Drilling Simulator – ein Forschungszentrum der Technischen Universität Clausthal für die Simulation des Bohrprozesses – zu besuchen. Wir wurden vom Teststandleiter Dr.-Ing. Michael Koppe herzlich begrüßt und bekamen eine kurze Präsentation über den Simulator gezeigt. Vor Ort gibt es zwei verschiedene Drilling Simulatoren – Hardware und Software. Der Hardware-Simulator ist ein Bohrprüfstand für BHA-Tests unter Bohrlochbedingungen. Der Software-Simulator simuliert dabei den Bohrstrang oberhalb der BHA. Am virtuellen Simulator können auch Pipe Handling- und Bohrlochkontrollsituationen trainiert werden. Das durften auch wir Studenten ausprobieren (Abbildung 4).



Abb. 4: Erläuterung des Softwaresimulators durch Erik Feldmann von der TU Clausthal

Am Abend wurden wir von dem Freiburger Absolventen Lars Tannert in ein Restaurant in Celle eingeladen. In lockerer Runde konnten wir Lars und die anwesenden GSSPE-Vertreter über die Bohrindustrie in Deutschland ausfragen und uns Tipps für Bewerbungen und den Berufseinstieg holen.

Tag 3 (29.03.2023): OneSubsea und Sirius

Am dritten Tag besichtigten wir am Vormittag die OneSubsea GmbH, ein Schlumberger Unternehmen in Celle. Wir wurden herzlich von Akber Jafri begrüßt und in HSE unterwiesen. Außerdem gab er uns einen kurzen Überblick über das Unternehmen und die Region Celle. Dann zeigte uns der Mitarbeiter Tim Diefenthal eine Präsentation über Unterwassersteuerungssysteme für Öl- und Gasfelder. Er erklärte uns die Unterwasser-Komplettierungs-Technologie sowie die dafür verwendeten Werkzeuge und unterrichtete uns über die Hauptkomponenten für Steuerungssysteme, also das Subsea Control Module (SCM). Danach begaben wir uns in

den Fertigungs- und den Qualitätskontrollbereich für Unterwassersysteme (Abbildung 5). Das fertige Unterwasserprodukt wird in der sogenannten „Hyperbaric Chamber“ unter hohem Druck getestet. Zum Abschluss des Firmenbesuchs genossen wir ein leckeres Mittagessen in der gemütlichen Kantine.



Abb. 5: Modell eines Unterwassersystems bei OneSubsea

Am Nachmittag besuchten wir die Firma Sirius-ES, ein Unternehmen, das Serviceleistungen rund um Bohrspülungen anbietet. Dazu gehören nicht nur die Planung und Bereitstellung, sondern auch die Überwachung und Feststoffkontrolle auf der Lokation sowie die fachgerechte Entsorgung. Wir lernten außerdem viel über die verschiedenen Spülungsarten, deren Vor- und Nachteile und ihre Einsatzbereiche.

Tag 4 (30.03.2023): Adorf Z18 und Bentec

Am folgenden Morgen besichtigten wir die Gasbohrung Adorf Z18 der Firma Neptune Energy in Georgsdorf (Abbildung 6). Es galt kein Sauggas-Status mehr, was im Vorfeld des Besuchs aber nicht präzise vorhergesagt werden konnte, weshalb sich alle männlichen Exkursionsteilnehmer rasieren mussten, denn im Notfall müssen Gasmasken dicht schließen. Zunächst wurden wir von den Bohringenieurern Christian Brünink und Lennard Schmidt über die Bohrung und deren Besonderheiten unterrichtet. So war es kompliziert einen Bohransatzpunkt zu finden, da ringsherum Naturschutzgebiete gelegen sind. Erschwerend kommt hinzu, dass zeitgleich mit dem Bohrprozess bereits die späteren Produktionsanlagen errichtet werden und so quasi zwei Baustellen unmittelbar aneinandergrenzen, was die Logistik erschwert. Beim anschließenden Rundgang über den Bohrplatz hatten wir die Möglichkeit mit den Richtbohrern von Baker Hughes, dem Driller von KCA Deutag und dem Spülungsingenieur der Firma Newpark zu reden und ihnen Fragen zu stellen. Da-

bei erfuhren wir viel über den generellen Ablauf des Richtbohrrens sowie die eingesetzte Technik auf der Lokation.



Abb. 5: Die Exkursionsgruppe auf der Gasbohrung Adorf Z18 mit den Bohringenieurern (5. und 6. von links) und Spülungsingenieur (ganz rechts)

Die nächste Station am Nachmittag war die Firma Bentec, welche Bohrequipment und -anlagen fertigt. Hier wurde uns zunächst erklärt, worauf es beim Bau von Tiefbohranlagen ankommt: In Wüstenregionen ist es die Belastung durch die hohe Temperatur, im europäischen Raum liegt der Fokus auf der nicht immer einfachen Transportierbarkeit des Geräts und in arktischen Regionen besteht die Notwendigkeit alle Anlagen zum Schutz gegen den Frost einzuhausen. Und auch hier macht man sich Gedanken um die Energiewende. Mit großen Batteriespeichern, die Schwankungen im Dieselverbrauch dämpfen sollen, und Wasserstoff-Elektrolyseuren wird ein Beitrag dazu geleistet. Im Anschluss durften wir die Fertigungs- und Lagerhallen besichtigen. Hier wurden uns Top-Drives, Spülungspumpen, mechanische Catwalk-Maschinen, Iron Roughnecks und ein Bedienstand gezeigt. Einige der Bentec-Anlagen erkannten wir wieder, da sie auf der Adorf-Bohrung in Betrieb sind.

Tag 5 (31.03.2023): Tracto-Technik

Am Freitag, unserem letzten Exkursionstag, besichtigten wir Tracto-Technik in Lennestadt, einen Hersteller von Flachbohrtechnik. Dabei leitet sich „Tracto“ nicht etwa von „Traktor“, sondern von „trahere“ dem lateinischen Wort für „ziehen“ ab. Uns wurden zahlreiche Lösungen für grabenlose Neuverlegung und Erneuerung von Rohrleitungen und Kabeln, wie Erdraketen, Richtpressen und Spülbohrsysteme verschiedener Größe (Abbildung 7) so-

wie das nötige Zubehör, wie Bohrmeißel und Räumler gezeigt. Die HDD-Technik (Horizontal Directional Drilling) bietet dabei viele Vorteile bei Durchörterungen insbesondere in dicht bebauten Innenstädten oder Naturschutzgebieten. Deshalb auch sieht man im Alltag diese Anlagen zunehmend häufiger im Einsatz. Abschließend stärkten wir uns vor Ort und traten dann die lange Rückfahrt nach Freiberg an, wo wir mit allerhand neuem Wissen und vielen interessanten Eindrücken ankamen.

Wir möchten uns ganz herzlich bei

den Mitarbeitern der Firmen MB Well Services, Baker Hughes, OneSubsea, Sirius-ES, Neptune Energy, Bentec und Tracto-Technik sowie vom Drilling Simulator Celle bedanken, die uns viele interessante und spannende Einblicke in ihre Arbeit gaben und geduldig unsere Fragen beantworteten. Weiterhin be-

Kontakt:

Telma da Silva, TU Bergakademie Freiberg
 Telma-Abacar.da-Silva@student.tu-freiberg.de
 Christian Gläser, TU Bergakademie Freiberg
 Christian.Glaeser@student.tu-freiberg.de

danken wir uns beim Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V. für die finanzielle Unterstützung der Bohrtechnik-Exkursion.



Abb. 7: Gruppenbild vor einem in Bau befindlichen HDD-Bohrgerät bei Tracto-Technik

Präsentation von Forschung auf SETAC-Konferenz

Paul Scapan, Martin Bertau

Die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS oder PFC) ist aufgrund der weltweit zunehmenden Konzentrationen in den Fokus geraten. Im Alltag gewährleisten sie die wasser- und schmutzabweisende Wirkung auf Regenjacken und Pfannen. PFAS haben sich jedoch als sehr langlebig und giftig herausgestellt. Zudem verbleiben diese Stoffe über mehrere Jahre im menschlichen Körper. In Deutschland sind über 1.500 Orte bekannt, die mit den Schadstoffen belastet sind. Im Rahmen seiner Promotion beschäftigt sich der Hauptautor mit der Herstellung von Tonkomposit-Materialien (Organoclays), die zur Entfernung dieser Schadstoffe dienen. Die Grundlage hierfür bilden Tonmaterialien wie Montmorillonit, welches mit organischen Tensiden modifiziert und somit zielgerichtet auf hohe Eliminierungsleistung angepasst werden.

Im Rahmen eines Forschungsaufenthalts des Hauptautors an der Schwedischen Universität für Agrarwissenschaften in Uppsala wurde die Entfernung der Schadstoffe aus umweltrelevanten Wässern mithilfe von Organoclays untersucht. Dabei zeigte sich, dass Organoclays durchschnittlich über 80 % der PFAS-Schadstoffe eliminieren können, besonders toxische sogar bis über 95 %. Die Ergebnisse wurden auf der SETAC-Konferenz im Rahmen eines Posterbeitrags mit dem Titel „Organoclay for Sorption of PFAS Mixtures from Natural Waters“ vorgestellt. Die Konferenz fand zwischen 30.04.-04.05.23 in Irlands Hauptstadt Dublin statt; der Hauptautor nahm als Doktorand des Instituts für Technische Chemie an der Veranstaltung teil.

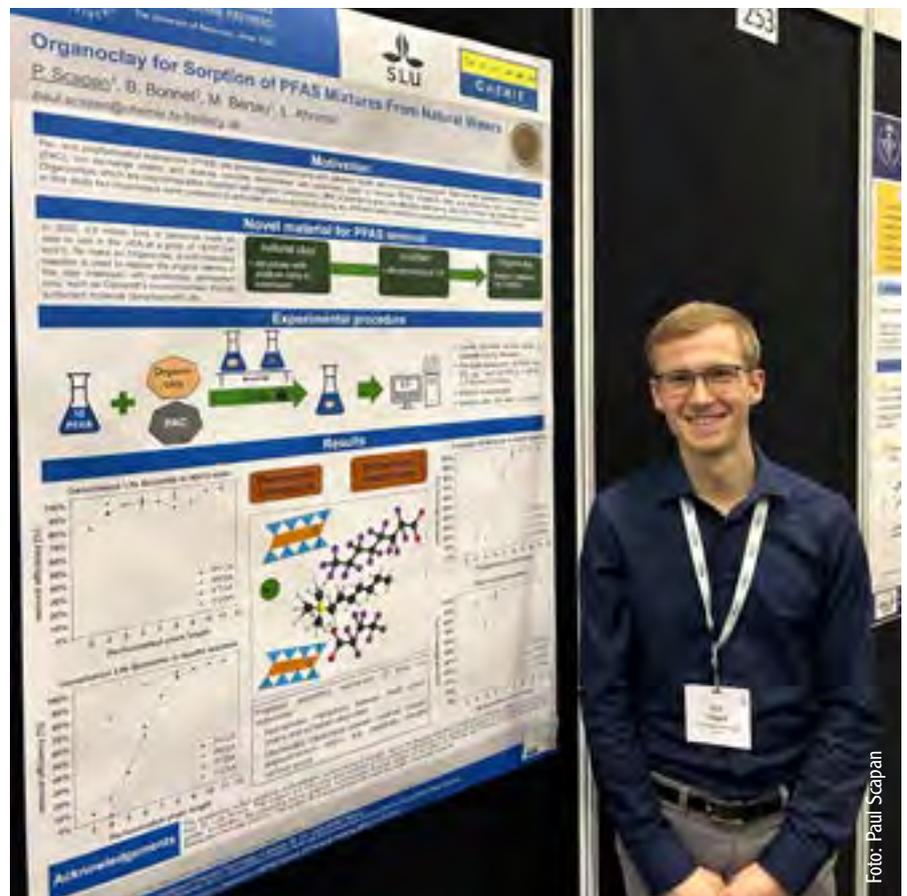
Ein Großteil der Konferenz widmete sich der Schadstoffgruppe der PFAS; dabei wurden neu entwickelte Detektionsmethoden, weltweite Funde und zahlreiche Möglichkeiten der Entfernung vorgestellt. Als Vertreter der TU Bergakademie Freiberg konnte der Hauptautor dank der Förderung des VFF seine Forschungsergebnisse präsentieren. Das außerordentlich hohe Interesse der Tagungsteilnehmer an dem vorgestellten Komposit und dessen

Anwendung zeugt von der hohen Aktualität dieses Themas.

Dem Verein für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V. sei herzlich für die finanzielle Unterstützung der Teilnahme an der Konferenz gedankt.

Kontakt:

M. Sc. Paul Scapan, Institut für Technische Chemie, Leipziger Straße 29, 09599 Freiberg



Präsentation des Posterbeitrags auf der SETAC-Konferenz

Bericht zur studentischen Exkursion „Umformtechnik“

Sergey Guk

Unter der Leitung von Herrn Dr. Sergey Guk und Frau Rosita Schmidtchen sowie der Betreuung von Herrn Towhid Faraji Shovay (Institut für Metallformung der TU BAF) fand vom 27. bis 30.03.2023 die alljährliche studentische Pflichtexkursion im Rahmen des Praktikumskomplexes „Umformtechnik“ statt. Während der Exkursion hatten 9 Studenten der Studiengänge „Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie“, „Fahrzeugbau: Werkstoffe und Komponenten“, „Advanced Components: Werkstoffe für die Mobilität“ und „Metallic Materials Technology“ die Gelegenheit, interessante Einblicke in verschiedene Industrieunternehmen zu erhalten.

Am Montag, dem 27.03., wurde die **Ilseburger Grobblech GmbH** besucht (Abb.1). Die Werkbesichtigung eröffnete eine kurze Firmenpräsentation über die Produktpalette, die Produktanwendungen und die Stellung des Unternehmens innerhalb der Salzgitter AG. Der Rundgang begann bei den modernen Hubbalckenöfen, gefolgt von der Quartowalzanlage mit deren maximalen Walzkraft von 8.000 Tonnen und einer brandneuen Wärmebehandlungslinie zur Erzeugung von hoch- und verschleißfesten sowie sauergasbeständigen Stahlgüten. Beeindruckend für die Studenten war die Größe der Stützwalzen der Quartowalzanlage mit dem Durchmesser von 2,2 m. Weiterhin wurden beim Rundgang durch den Logistikbereich mögliche Querschnittsformen des Vorbandes



Abb.1: Werkbesichtigung bei der Ilseburger Grobblech GmbH

gezeigt sowie die umformtechnischen Maßnahmen zu deren Beeinflussung angesprochen.

Am zweiten Tag der Exkursion stand der Besuch bei der Firma **ArcelorMittal Europe – Long Products** in Duisburg auf dem Programm (Abb. 2). Nach einer kurzen Firmenpräsentation über das Produktportfolio und die Struktur des Stahlwerks, des Knüppelwalzwerks und des Drahtwalzwerks ging es direkt zu



Abb. 2: Werkbesichtigung bei der ArcelorMittal Europe – Long Products

den Anlagen. Zuerst wurde das Knüppelwalzwerk besichtigt, das zu dem Zeitpunkt nicht in Betrieb war. Entlang der gesamten technologischen Prozesskette konnte man sich in unmittelbarer Nähe die Stoßöfen, Walzgerüste sowie den Adjustagebereich mit Rechenkühlbetten außerhalb der Halle detailliert an-



schauen. Ferner wurde gezeigt, wie diverse Fehler wie z. B. Oberflächenrisse erkannt und zum anschließenden Beseitigen durch Schleifen markiert werden.

Nach dem Mittagessen ging es weiter zur Drahtwalzstraße. Dort wurde in der Schaltwarte der Fertigstaffel erklärt, wie die Rundheit des Drahts mit Hilfe des Laserschattenverfahrens kontinuierlich überprüft wird bzw. wie



die Oberflächenprüfung des Halbzeugs nach dem Walzblock funktioniert. Bei laufender Produktion konnten sich die Studenten im Bereich des Windungslegers und des Stelmor-Rollgangs direkt anschauen, dass die Gebläse für die Luftkühlung an den Außenkanten des gelegten Drahtes aufgrund der höheren Dichte der Drahtwicklung einen höheren Luftstrom liefern müssen als in der Mitte des Rollgangs, um eine gleichmäßige Kühlung und damit homogene Halbzeugeigenschaften zu erzielen.

Am Mittwoch, dem 29.03., erfolgte der Besuch bei der **GKN Sinter Metals Components GmbH** in Bonn (Abb. 3). Das Werk stellt diverse Komponenten für die Automobilindustrie (Lenkung, Spiegelhalterung, Stoßdämpferteile u.a.) mit einem Gewicht von weniger als 200 Gramm pulvermetallurgisch her. Beeindruckend für die Studenten war der Grad der Digitalisierung der technologischen Abläufe. So kann der Produktionsprozess über eine Weboberfläche überwacht werden, die es dem Personal



Abb. 3: Werkbesichtigung bei der GKN Sinter Metals Components GmbH

ermöglicht, sich den Status jeder Anlage, die zu produzierenden Aufträge und aufgetretenen Fehler direkt anzusehen. Außerdem besitzt jeder Werksmitarbeiter eine spezielle Smartwatch, die ihn über den Status der ihm zugewiesenen Aufgaben informiert.

Die Besichtigung der Anlagen entlang des technologischen Prozesszyklus startete mit mechanischen Pressen, an denen Grünlinge koaxial verpresst werden. Dabei wurde anschaulich gezeigt, wie zerbrechlich sie nach dem Pressvorgang sind. Anschließend wurden unterschiedliche Typen von Sinteröfen in Betrieb demonstriert, in denen die Grünlinge ca. 30 Minuten lang bei 1250 °C einem Sintervorgang unterzogen werden. Das Kalibrieren zwecks der Ein-



Abb. 4: Werkbesichtigung bei der GKN Sinter Metals & Forge Operations GmbH

haltung enger Toleranzen sowie eine Wärmebehandlung schließen den technologischen Herstellungsprozess ab. Bemerkenswert für die Studenten war, dass die fertigen Komponenten vor dem automatischen Verpacken einer Sichtprüfung mit Kameras unterzogen werden, währenddessen eventuelle Fehler automatisch erkannt werden können.

In solchen Fällen wird die fehlerhafte Komponente aussortiert.

Zum Abschluss der Exkursion stand noch die Besichtigung der Firma **GKN Sinter Metals & Forge Operations GmbH** in Bad Brückenau an (Abb. 4). Bei der Werkbesichtigung wurde gezeigt, wie durch zusätzliche Schmiedeoperation eine hohe Werkstückdichte und damit



porenfreie Bauteile im Vergleich zur reinen Sinterung hergestellt werden.

Das Institut für Metallformung bedankt sich beim Verein „Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.“ (VFF) für die finanzielle Unterstützung der Studentenexkursion.

Von Freiberg nach Übersee: Wissenschaftliche Mitarbeiter der Fakultät 6 bei Konferenz in Chile vertreten

Tim Kanis, Marlen Rimbeck

Vom 10. bis zum 14.07.2023 fand in Santiago (Chile) die „23rd Conference of the International Federation of Operational Research Societies“ (IFORS) statt. Das Hauptthema der Tagung war die aktuelle Forschung im Management-Bereich,

insbesondere mit Fokus auf Produktions- und Prozessmanagement. Die Tagung wird alle drei Jahre veranstaltet, um Akademiker und Experten auf dem Gebiet der Management-Wissenschaft aus mehr als 60 Ländern zusammen-

zubringen und durch den gegenseitigen akademischen Informationsaustausch zu einem Erkenntnisgewinn für Forschung und Praxis beizutragen. Den Besuch dieser Konferenz nutzten wir, Marlen Rimbeck, Nicolas Wolf und



Bild 1: Besuch des Stausees ElYeso in den Anden.



Bild 2: Blick über Santiago de Chile.



Bild 3: Von links nach rechts: Tim Kanis, Nicolas Wolf, Marlen Rimbeck.

Tim Kanis, um unsere aktuellen Forschungsthemen vor einem internationalem Expertenpublikum vorzustellen und die vielfältige Kultur Chiles kennenzulernen.

Konkret stellte Marlen Rimbeck ihre Forschung zum Einsatz des Internets der Dinge zur Verhinderung von Arbeitsunfällen in Produktionen vor. Nicolas Wolf präsentierte eine Berechnungsmethode für den Preis von grünem Wasserstoff und Tim Kanis einen Leitfaden für den

Einsatz von künstlicher Intelligenz in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Aus dem Publikum erhielten wir interessante Impulse für die Gestaltung unserer zukünftigen Forschung. Zudem nutzen wir die Gelegenheit, uns mit Experten aus unseren Fachgebieten zu vernetzen. Im Rahmen der Konferenz besuchten wir außerdem zahlreiche interessante Vorträge zu Themen wie Verkehrsoptimierung, grünem Wasserstoff und maschinellem Lernen.

Außerhalb des Konferenzbesuchs nutzten wir die Zeit auch, um die Kultur und Landschaft Chiles kennenzulernen. So unternahmen wir noch vor der Konferenz einen Ausflug in die Anden, wo wir die beeindruckende Natur Chiles erkunden konnten. Zudem nahmen wir an dem Kulturprogramm der Konferenz teil und besuchten die Hafenstadt Valparaíso, die für ihre zahlreichen Seilbahnen, Künstlerviertel und Kulinarik bekannt ist.

Studentisches Forschungspraktikum am Institut INVEMAR in Kolumbien

Annegret Just

Von April bis September 2023 absolvierte ich ein studentisches Praktikum am Institut für Meeres- und Küstenforschung „José Benito Vives de Andrés“ (INVEMAR) an der karibischen Küste Kolumbiens. INVEMAR ist ein gemeinnütziges Institut, das dem nationalen Ministerium für Umwelt und nachhaltige Entwicklung untersteht. Es hat die Aufgabe, Grundlagen- und angewandte Forschung in den ozeanischen Ökosystemen Kolumbiens zu betreiben, um wissenschaftliche Erkenntnisse für die nachhaltige Bewirtschaftung der Ressourcen, die Erholung der Meere und den Schutz der Küstenökosysteme zu generieren. Neben dem Hauptsitz in Santa Marta besitzt es drei weitere Niederlassungen, unter anderem an der Pazifikküste und in der Hauptstadt Bogotá.

Aufgrund seiner einzigartigen Lage an der Karibischen Küste hatte ich am INVEMAR die Möglichkeit, tropische Meeresökosysteme kennenzulernen, die in Europa so nicht existieren. In Freiberg studiere ich Geoökologie im Master und belege die Vertiefungen „Biogeochemical Analytics“ und „Land and Water Scapes“. Besonders interessiert mich die Umweltchemie aquatischer Systeme. Nachdem ich mich in Freiberg hauptsächlich mit Süßwasser beschäftigt hatte, bot sich in Kolumbien erstmals die Möglichkeit, auch marine Systeme zu untersuchen. Ich habe das Praktikum im Labor für Meeresumweltqualität durchgeführt und mich insbesondere mit dem Thema der Ozeanversauerung beschäftigt. Meine Aufgabe bestand darin, Alkalinitätsmessungen vorzunehmen und eine neue Methode zur Be-

stimmung der organischen Alkalinität im Meerwasser zu implementieren. Das Praktikum umfasste neben der umfangreichen Labortätigkeit auch Feldarbeit zur Probenahme in verschiedenen Gewässerabschnitten der Küstenregion. Dazu zählten die Meeresbuchten des Tayrona-Nationalparks, die Freiwasserzone des Hafens von Santa Marta, eine von Mangroven umgebene Lagune mit Süßwassereintrag, und das Sumpfgebiet Ciénaga Grande de Santa Marta, das Deltasystem des größten Flusses Kolumbiens. Untersucht wurden verschiedene anthropogene Einflüsse wie Kontaminationen und Süßwassereinträge.

Ogleich mein Praktikum durch einen umweltchemischen Forschungsschwerpunkt geprägt war, durfte ich schon durch den Alltag in Kolumbien viele Phänomene praktisch erleben, die im Geoökologie-Studium in Freiberg nur theoretisch behandelt werden können. Der Übergang von der Trocken- zur Regenzeit und die Tagesdynamiken von See- und Landbrise ließen mich an die Klimatologie-Kurse zurückdenken. Die Wärme und hohe Luftfeuchtigkeit, die



Abb 1: Monitoring-Projekt im Mangrovenwald des Tayrona-Nationalparks. © Annegret Just

Früchte und Gemüse in Rekordschnelle reifen und faulen lassen, erinnerten mich an Vorlesungen, in denen wir uns mit dem schnellen Stoffumsatz in den Tropen befassten. Korallenriffe als komplexen Lebensraum, ihre biologische Vielfalt und ihre Gefährdung durfte ich erstmals mit eigenen Augen beobachten. Die exotische Flora und Fauna Kolumbiens erinnerten mich daran, wie divers die Arten sind und unerschöpflich deren Kenntnis ist.

Meine Motivation zur Durchführung des Auslandspraktikums setzte sich aus verschiedenen Faktoren zusammen. Zu dem Wunsch nach einer ersten berufspraktischen Erfahrung gesellte sich die Neugier, aus der eurozentrischen Perspektive auszubrechen und mir die Relevanz anderer Ökosysteme, die uns häufig so fremd und weit entfernt erscheinen, bewusst zu machen. Des Weiteren hegte ich den Wunsch, eine persönliche interkulturelle Erfahrung zu machen und meine Sprachkenntnisse zu stärken. Während des Praktikums verständigte ich mich ausnahmslos auf Spanisch. Meine Sprachkenntnisse erlaubten es mir, tief in die kolumbianische Kultur einzutauchen. Ich gewann schnell Freunde und lernte mit ihnen die Lebensrealität eines anderen Landes kennen, die sich doch gravierend von der in Deutschland unterscheidet. Ich las Bücher, ging tanzen, besuchte Museen, erkundete die Natur, führte tiefgründige Diskussionen über gesellschaftlich relevante Themen und teilte meinem Umfeld meine Perspektive mit. Ich verstand meine Reise als Austausch und hoffe, manchen kolumbianischen

Freunden und Kollegen auch Einblicke in unsere Kultur gegeben zu haben. Ich bin der Überzeugung, dass die internationale Verständigung elementar ist, um aktuelle und zukünftige Umweltprobleme zu bewältigen und ich hoffe, einen Beitrag zur gegenseitigen Akzeptanz unterschiedlicher Positionen geleistet zu haben.

Möglich gemacht haben meinen Aufenthalt das PROMOS-Stipendium des DAAD, das Deutschlandstipendium der TUBA Freiberg sowie ein großzügiger Zuschuss des VFF. Dafür möchte ich mich bei den Freunden und Förderern in aller Form bedanken. Ohne Ihre finanzielle Unterstützung wäre mir diese

Erfahrung vorenthalten geblieben.

Ich bin durch das Auslandspraktikum, aber auch durch dessen Vorbereitung und Planung persönlich gewachsen. Die Organisation erforderte zuweilen viel Durchhaltevermögen. Ich kann anderen Studenten eine solche Erfahrung nur ans Herz legen und insbesondere seit der Pandemie ist mir bewusst geworden, dass es sich bei einem Studienaufenthalt im Ausland keineswegs um eine Selbstverständlichkeit handelt. Ich hoffe, die internationalen Kontakte der TUBA Freiberg gestärkt zu haben und dass mir die erworbenen Kenntnisse auch in meinem zukünftigen Studium von Nutzen sein werden.

Kontakt:

just.annegret@gmail.com



Abb 2: Probenahme von Wasser und Sedimenten im Freiwasser und in situ-Messungen von chemischen Gewässerparametern wie Sauerstoffgehalt und pH-Wert. © Annegret Just

Nachwuchs für Anorganische Chemie präsentiert neueste Forschungsergebnisse

Edwin Kroke, Gero Frisch

Zum Start in den September, in dem traditionsgemäß viele Tagungen und Konferenzen stattfinden, trafen sich ca. 100 Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler beim Mitteldeutschen Anorganiker-Nachwuchssymposium, dem MANS 2023, an der TU Bergakademie Freiberg. Die 16 Vortrags- und weitere Poster-Präsentationen deckten dabei ein großes Spektrum von der akademischen Grundlagenforschung bis hin zu anwendungsnahen Themen ab: Neben innovativen Materialien für Ionenstrahltriebwerke und der Verbesserung von Zink-Ionen-Batterien durch alternative Elektrolyte, als potentiell günstige Speichertechnologie der Zukunft, wurden auch Ergebnisse des Freiburger Hochdruckforschungszentrums (FHP) am Zentrum für Hochtemperatur-Stoffumwandlung (ZeHS) vorgestellt.

So zeigte Doktorand Felix Sieg vom FHP neuartige Halbleitermaterialien basierend auf Germaniumnitrid ($\gamma\text{-Ge}_3\text{N}_4$), welche durch die gezielte Veränderung mit Gallium und Chrom Mischkristalle mit Spinell-Struktur aufweisen. Diese Spinelle, welche erfolgreich in der Hochdruck-Hochtemperatur-Pressen erzeugt wurden, zeigen spezielle magnetische Eigenschaften (magnetische Frustration), durch die eine Anwendung in der Spintronik zur Erhöhung der Kapazität von Speichermedien ermöglicht wird. Weiterhin

scheint durch passende elektrische Eigenschaften eine Verwendung als Photokatalysator zur Spaltung von Wasser und der damit einhergehenden Herstellung von grünem Wasserstoff mittels Sonnenlicht möglich.

Über das MANS 2023

Das Mitteldeutsche Anorganiker-Nachwuchssymposium wurde 2005 ins Leben gerufen und findet seitdem jährlich an wechselnden mitteldeutschen Universitäten statt. Nach Chemnitz, Leipzig, Halle, Jena, Bayreuth und Dresden veranstaltete das Institut für Anorganische Chemie um die Professoren Edwin Kroke und Gero Frisch das MANS 2023. Bei dem Symposium, welches nach 2008 und 2014 zum dritten Mal in Freiberg ausgerichtet wurde, präsentierten Promovierende und Forschende von Universitäten der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Bayern ihre Ergebnisse.

Das MANS 2023 war die letzte Tagung, welche im Großen Hörsaal im Clemens-Winkler-Bau der TU Bergakademie Freiberg vor dessen Restaurierung im Wintersemester 2023/24 durchgeführt wurde. Ebenfalls im Wintersemester erfolgt der Bezug der beiden neuen und hochmodern ausgestatteten Laborflügel und es startet der Umbau des Hauptgebäudes des Clemens-Winkler-Baus an der Leipziger Straße.

Das Organisationsteam dankt den

zahlreichen Teilnehmern, den Sponsoren aus der chemie-nahen Wirtschaft, den Projektpartnern des Instituts für Anorganische Chemie sowie dem Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg für die Unterstützung.



Die Günter Heinisch-Stiftung übergibt neue Kostbarkeiten

Andreas Massanek

Die Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg bekamen in diesem Jahr von der Günter Heinisch-Stiftung mehrere Mineralstufen als Dauerleihgabe überreicht. Diese Stufen werden sowohl die Ausstellungen im Wernerbau und Krügerhaus als auch im Schloss Freudenstein bereichern. Im Folgenden werden die Minerale hier kurz vorgestellt:

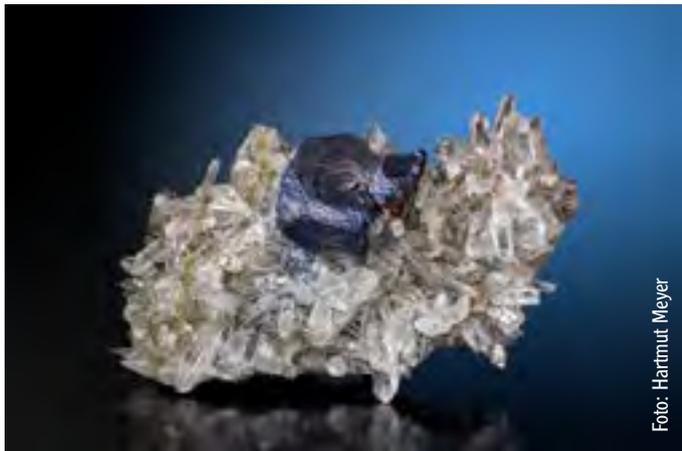


Foto: Hartmut Meyer

Bild 1: Cassiterit auf Zinnwaldit, Zinnwald, Erzgebirge, Sachsen. 8,5 x 8,5 cm.

Aus Zinnwald im Osterzgebirge kommt eine Stufe mit Cassiteritkristallen auf Zinnwaldit. Cassiterit, auch Zinnstein genannt, ist ein wichtiges Zinnerz. Die Kristalle sind häufig verzwillingt. Die Zwillinge erkennt man an einspringenden Winkeln. Sie erinnern dann an die Form eines Visiers eines Gewehrs. Deshalb werden die Cassiteritzwillinge auch Visiergruppen genannt. Der Lithiumglimmer Zinnwaldit spielt bei der aktuellen Lithiumerkundung im Osterzgebirge eine große Rolle. Seit der Diskreditierung durch die IMA ist Zinnwaldit kein eigenständiges Mineral mehr, sondern die Bezeichnung für Mischkristalle der Serie Polylithionit - Siderophyllit.

Die Grube Sauberg in Ehrenfriedersdorf im Mittleren Erzgebirge ist der Herkunftsort einer Stufe mit bis zu zwei Zentimeter großen Stephanitkristallen. Dabei handelt es sich um ein Silber-Antimon-Sulfid. Es wurde von Friederich Mohs 1824 als prismatischer Melanglanz

erstbeschrieben, war aber bereits den Bergleuten des Mittelalters als Sprödglasserz bekannt. 1845 bekam das Mineral vom Wernerschüler Wilhelm Ritter von Haidinger seinen heute gültigen Namen. Er benannte es zu Ehren des leidenschaftlichen Mineraliensammlers Erzherzog Stephan von Österreich. Die Lagerstätte Ehrenfriedersdorf ist in erster Linie für die dortige Zinnvererzung bekannt. Sie wird aber auch von hydrothermalen Gängen durchzogen, die eine Sulfidvererzung gebracht haben. Von einem dieser Gänge, dem Lorenz Stehenden, kommt dieser Stephanit.

Silbrig-weiß glänzende Nickel-skutteruditkristalle von bis zu zwei Zentimetern Größe zieren eine Stufe, die aus dem Schacht 366 in Alberoda bei Aue im Westerzgebirge geborgen wurde. Sie stammt noch aus der Zeit des Uranerzabbaus durch die SDAG Wismut. Häufig sind die Kristalle zonar aufgebaut mit wechselnden Nickel- und Cobaltgehalten. Das Nickelarsenid Nickelskutterudit kann zur Nickelgewinnung für rostfreie Stähle oder Legierungen verwendet werden, wogegen das cobaltreiche Analogon Skutterudit vor allem im 18. und 19. Jahrhundert zur Produktion von blauen Farben für die Glas- und Keramikherstellung diente.

Aus Jachymov (St. Joa-

chimsthal) im böhmischen Teil des Westerzgebirges stammt eine Stufe mit kirschroten Proustitkristallen, die von Calcitpseudomorphosen begleitet werden. Auf Grund seiner Farbe wurde das Silber-Arsen-Sulfid auch als Lichtes Rotgültigerz bezeichnet. Da Proustit die Eigenschaft hat, nach längerer Lichtexposition zu dunkeln und nicht mehr seine rote Farbe zu zeigen, kann das Mineral nicht ausgestellt werden. Es wird aber die berühmte Proustitkollektion der Mineralogischen Sammlung bereichern. Diese enthält die besten Proustite, die in der Lagerstätte Alberoda-Schlema-Hartenstein gefunden wurden.

Eine weitere Cassiteritstufe mit hochglänzenden Kristallen kommt aus Horní Slavkov (Schlaggenwald) im Kaiserwald unweit von Karlovy Vary (Karlsbad) in Tschechien. Diese Fundregion brachte die besten und größten Kristalle dieser Mineralart in Europa. In Horní Slavkov wurden neben reichen Zinn- und Wolframerven auch Blei- und im 20. Jahrhundert vor allem Uranerze abgebaut.

Ein grünlich-gelber Heliodor kommt aus dem berühmten Edelsteinfundgebiet Murzinka im südlichen Teil des Mittleren Urals. Heliodor ist eine Varietät des Berylliumsilikats Beryll. Neben Heliodor werden in der Region noch weitere Beryllvarietäten gefunden, z. B. hellblauer bis meerblauer Aquamarin und selten der goldgelbe Goldberyll.



Foto: Hartmut Meyer

Bild 2: Stephanit, Lorenz Stehender, 3. Sole, Strecke 3018, Grube Sauberg, Ehrenfriedersdorf, Erzgebirge, Sachsen. 2,5 x 5,5 cm.



Foto: Hartmut Meyer

Bild 3: Nickelskutterudit mit Calcit und Erythrin, Schacht 366, Aue-Alberoda, Erzgebirge, Sachsen. 13,5 x 8,5 cm.



Foto: Hartmut Meyer

Bild 4: Cassiterit, Huberstock, Schacht Stannum, Horní Slavkov (Schlaggenwald), Kaiserwald, Karlovy Vary (Karlsbad), Tschechien. 8 x 6 cm.



Foto: Hartmut Meyer

Bild 5: Proustit mit Calcitpseudomorphosen, Jachymov (St. Joachimsthal), Erzgebirge, Tschechien. 7 x 6,5 cm.

Aber am bekanntesten sind die blauen Topase, die in keiner namhaften Sammlung der Welt fehlen. Eine solche Stufe wurde 2021 von der Günter Heinisch-Stiftung erworben und an die Geowissenschaftlichen Sammlungen übergeben. Murzinka liegt in der Region Swerdlowsk, etwa 100 km nördlich von Ekaterinburg in Russland.

Ebenfalls aus Russland stammt

eine Stufe mit Galenit- und Bergkristallen. Der Galenit zeigt deutliche Wachstumspyramiden auf seinen Würfel- und Oktaederflächen. Die Stufe ist damit ein wertvolles Demonstrationsobjekt für das Kristallwachstum. Gefunden wurde die Stufe in Dalnegorsk im Fernen Osten.

Die Gründung der Günter Heinisch-Stiftung des Vereins der

Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg erfolgte 2015, um die Geowissenschaftlichen Sammlungen an der TU Bergakademie zu unterstützen. Bisher konnten 25 Mineralstufen und ein historischer Sammlungsschrank mit wissenschaftshistorisch wertvollem Originalmaterial des Freiburger Mineralogen Friedrich August Breithaupt erworben werden.



Foto: Hartmut Meyer

Bild 6: Galenit mit Quarz, Varietät Bergkristall, Grube 2. Sovjetskii, Dalnegorsk, Ferner Osten, Russland. 11 x 6,5 cm.



Foto: Hartmut Meyer

Bild 7: Beryll, Varietät Heliodor, Mokruša Pegmatitfeld bei Murzinka, Swerdlowsk, Ural, Russland. 5 x 5 cm.

Humboldt/Bonpland-Stiftung – eine neue Fördermöglichkeit für biologische Wissenschaften an der TU BAF

Hermann Heilmeier

Mit der Besetzung der Juniorprofessur für Biologie/Ökologie durch Frau Dr. Karin Glaser kann die Forschung und Lehre auf dem Gebiet der organismischen Biologie am Institut für Biowissenschaften weiter ausgebaut und verstetigt werden. Schon in den ersten Jahrzehnten des Bestehens der Bergakademie war die organismische Biologie durch ihren berühmtesten Absolventen, Alexander von Humboldt, ein Gebiet der wissenschaftlichen Tätigkeit geworden, welche er in einer seiner ersten bedeutenden Publikationen, der „*Florae fribergensis specimen, plantas cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens*“ (1793) der Öffentlichkeit präsentierte. Heute ist die biologische Lehre und Forschung fester Bestandteil der Studiengänge Angewandte Naturwissenschaft und Geoökologie sowie im Wahlbereich unter anderem in der Mathematik, den Geo- und Wirtschaftswissenschaften.¹

Die Lehre und Forschung in der organismischen Biologie findet sowohl im Labor als auch im Freiland statt, an unterschiedlichen Organismengruppen (Pflanzen, wirbellose Tiere wie Insekten, Wirbeltiere) und in den verschiedensten Ökosystemen (z. B. Bergbaufolgelandschaften, Weinberglandschaften, Bergwiesen, Moore, Fließ- und Stillgewässer). Neben den rezenten (heute lebenden) Organismen gehören zur organismischen Biologie auch ausgestorbene Tier- und Pflanzenarten sowie „lebende Fossilien“ (z. B. „Urzeitkrebse“). Diese Forschung ist wie bei allen experimentellen Wissenschaften teilweise mit erheblichem finanziellem Aufwand verbunden, sei es für chemische Analysen im Labor, Messgeräte für Umweltparameter oder Reisekosten zu den Untersuchungsstandorten, auch im Ausland. Dass sich dieser Aufwand gelohnt hat, zeigt eine Reihe ausgezeichneter Diplom-, Master- und Promotionsarbeiten in den Arbeitsgruppen Biologie/Ökologie und Paläontologie in den letzten Jahrzehnten. Um die Lehre und Forschung auf dem

Gebiet der organismischen Biologie (rezente und Paläobiologie) weiterhin auszubauen und zu fördern, soll eine Zustiftung der bestehenden Günter Heinisch-Stiftung im Förderverein VFF eingerichtet werden. Diese „Humboldt/Bonpland-Stiftung für biologische Wissenschaften“ wird insbesondere folgende Fördermöglichkeiten bereitstellen:

- Stipendien zur Erstellung von Bachelor-, Master- und Promotionsarbeiten (Sach- und Reisekostenzuschüsse),
- Preise für hervorragende Bachelor-, Master- und Promotionsarbeiten,
- Ausrichtung von Symposien, Zuschüsse für Tagungsteilnahmen.

Anträge hierfür können von den Studierenden selbst sowie deren Betreuerinnen und Betreuern gestellt werden. Über die Stipendienanträge (einschl. Zuschüsse zu Tagungsteilnahmen) und Bewerbungen für Preise (Vorschlag durch Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer) entscheidet eine Vergabekommission aufgrund

der Studienleistungen und Empfehlungsschreiben. Ebenso soll die Ausrichtung von Symposium auf dem Gebiet der organismischen Biologie beispielsweise durch Zuschüsse für Referentinnen und Referenten unterstützt werden.

Mit der Einrichtung dieser Zusatzstiftung will deren Stifter, Prof. Dr. Hermann Heilmeier, nicht nur eine Lücke in den Fördermöglichkeiten an der TU Bergakademie Freiberg schließen und somit auch junge Menschen für ein Studium biologischer Wissenschaften einschließlich der Paläontologie motivieren, sondern auch den Grundstein für weitere derartige Zusatzstiftungen an der TU BAF legen.

¹ Heilmeier H. (2019): Von den „*Florae Fribergensis Specimen*“ zu den „*Ideen zu einer Geographie der Pflanzen*“: Humboldt als Wegbereiter der Pflanzengeographie. ACAMONTA. 26. Jahrgang 2019, 12-15



Historie



Carl Friederich Christian Mohs (1773-1839)

Bergakademie-Gründungen in den letzten Dekaden des 18. Jahrhunderts

Annett Wulkow Moreira da Silva, Friedrich Naumann¹

In den letzten Dekaden des 18. Jahrhunderts erblickte eine ganze Reihe von „Bergakademien“ in verschiedenen, von europäischen Herrscherhäusern regierten Staatsterritorien das Licht der Welt. Die Etablierung dieser Institutionen ist Ausdruck von damaligen Tendenzen zur Formalisierung von Strukturen der höheren Ausbildung im Montanwesen. Während noch in der ersten Jahrhunderthälfte die Beamtenschaft der staatlichen Montanverwaltungen vorrangig aus dem Kreis erfahrener Berg- und Hüttenleute rekrutiert wurde, so erforderten der Einsatz moderner Berg- und Hüttentechnik sowie innovativer Gewinnungs- und Verarbeitungsverfahren und die zunehmende Verwissenschaftlichung des Montanwesens verstärkt den Einsatz von theoretisch ausgebildeten Experten.

Um diese entsprechend zu qualifizieren, setzten einige Landesregierungen auf den Schultyp einer Spezialschule, der in Frankreich mit Einrichtung der *École royale des ponts et chaussées* im Jahr 1747 in Paris erstmalig im Bereich der zivilen Ingenieurausbildung eingeführt wurde. Dieser Schultyp war auf die Hervorbringung von administrativ versiertem Personal mit wissenschaftlich-technischem Hintergrund ausgelegt, das in der Lage war, in leitender Position in einem Spezialbereich der Verwaltung tätig zu werden. Das dabei zu bewältigende vielseitige Aufgabenspektrum umfasste bei Beamten in staatlichen Montanverwaltungen unter anderem die Lagerstätten erkundung und -bewertung, die geologische Kartierung, die Inspektion von Berg- und Hüttenwerken, das Einbringen und Umsetzen von Verbesserungsvorschlägen, die Entwicklung neuer Methoden und Verfahren der Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen, die Verwaltung und die Vermittlung von Wissen an den höheren montanistischen Nachwuchs im Rahmen von Kursen an Bildungseinrichtungen.

Einen Vorreiterstatus bei der Einrichtung solcher Spezialschulen für das Montanwesen nahmen das sächsische Kurfürstenhaus und die Habsburger

Monarchie ein, in deren Territorien es in den 1760er Jahren zur Etablierung von ersten Bergakademien kam. In Sachsen wurde damit auch auf die dringende Notwendigkeit der Konsolidierung der Staatsfinanzen reagiert, deren Situation sich nach Ende des „Augusteischen Zeitalters“ und dem Siebenjährigen Krieg (1756-1763) als äußerst desolat darstellte und zu deren Stabilisierung durch effiziente Nutzung der heimischen Ressourcen beigetragen werden sollte.

Das Unterrichtsprogramm an der 1765 gegründeten sächsischen Institution in Freiberg stützte sich zunächst auf zwei Säulen – eine „geometrische Zeichenschule“ und eine „metallurgisch-chemische Schule“. Von den vier anfänglich eingesetzten Lehrern waren drei gestandene Fachleute mit langjähriger Berufserfahrung: Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795), Christian Hieronymus Lommer (1741-1787) und Johann Andreas Klotzsch (1710-1777); nur Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier (1738-1805) hatte bei Aufnahme der Lehrtätigkeit erst wenige Zeit zuvor seine Studien beendet.² Der zunehmenden Binnendifferenzierung der Montanwissenschaften wurde in den Dekaden nach der Gründung durch Einrichtung neuer Lehrbereiche Rechnung getragen. Die erste Hochphase der Institution prägte der 1775 für die Fachgebiete Oryktognosie (Mineralogie) und Bergbaukunde wie auch als Inspektor berufene Abraham Gottlob Werner (1749-1817), unter dem die Bergakademie international hohe Bekanntheit erlangte.

In Österreich-Ungarn kam es zunächst 1762 zur Einrichtung einer Professur für metallurgische Chemie in Schemnitz (heute Banská Štiavnica in der Slowakei) und eines theoretisch ausgerichteten Lehrstuhls für Bergwissenschaften an der Universität Prag (1763). Die räumliche Distanz zwischen den Unterrichtsorten wurde durch Schaffung einer „Kaiserlich-Königlichen Bergakademie“ in Schemnitz im Jahr 1770 aufgehoben. Im Gegensatz zu Freiberg wurden hier über das sogenannte *Systema Academicæ Montanisticæ* recht früh klare Regelungen etwa zu vermit-

telnden Lehrinhalten, der Kursabfolge im Studienverlauf, zur Studiendauer, zu absolvierenden Prüfungen, zu Eintrittsbedingungen und dem Einsatz des Lehrpersonals getroffen.³

Die an der Schemnitzer Bergakademie tätigen Lehrer entstammten teilweise dem universitären Umfeld, wie beispielsweise Nicolaus Joseph von Jacquin (1727-1792) oder Nikolaus Poda von Neuhaus (1723-1798), und waren andererseits erfahrene Montanexperten, wie Christoph Traugott Delius (1728-1779). Internationale Ausstrahlungskraft erlangte die Schemnitzer Bergakademie in der Epoche des Wirkens von Anton von Rupprecht (1748-1814) als Lehrer für metallurgische Chemie ab 1779. Auf von Rupprechts Impulse geht die Einrichtung eines nach damals modernsten Standards ausgestatteten chemischen Laboratoriums zurück, das als Experimentierstätte im Kontext der gemeinsam mit Ignaz von Born (1742-1791) betriebenen Weiterentwicklung von traditionell im lateinamerikanischen Bergbau genutzten Amalgamationsverfahren zur Verarbeitung von Edelmetallerzen Anziehungspunkt für eine Vielzahl von Interessenten aus dem In- und Ausland wurde. Unter von Rupprecht erwuchs die Schemnitzer Institution zu einem Leuchtturm der chemischen Forschung in der Habsburger Monarchie,



Abb. 1: Schrift von Ignaz von Born zu Ergebnissen bei der Weiterentwicklung von Amalgamationsverfahren

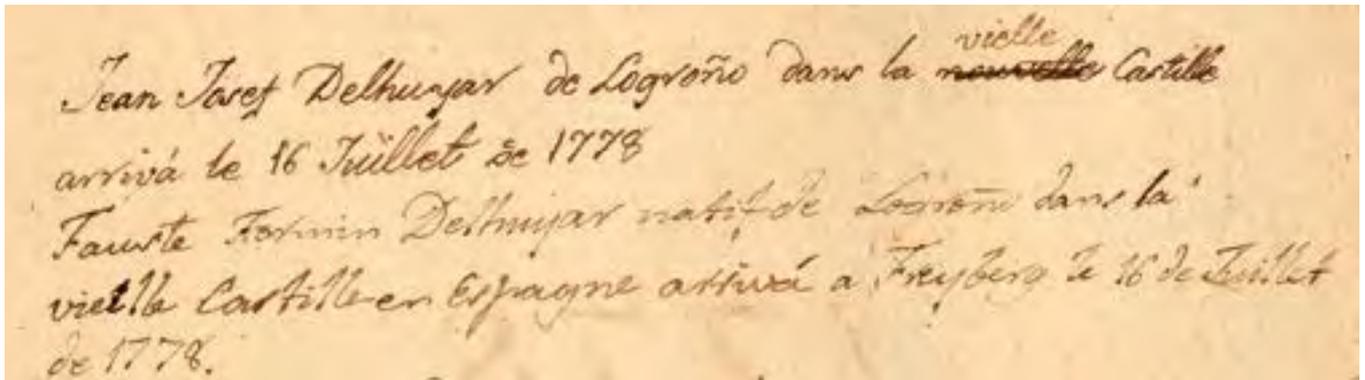


Abb. 2: Akteneintrag von Fausto d’Elhuyar und seinem Bruder Juan José anlässlich der Aufnahme des Studiums an der Bergakademie Freiberg (Quelle: TUBAF, UAF, OBA 456, Bl. 55)

sein Weggang 1792 löste dann auch einen temporären Niedergang aus.

Die in Sachsen und Österreich-Ungarn ablaufenden Prozesse zur Formalisierung von Strukturen der höheren Ausbildung im Montanwesen inspirierten andere europäische Herrscherhäuser zur Einrichtung ähnlicher Bildungsanstalten in ihren Territorien.

Im spanischen Kolonialreich mit seinen an Bodenschätzen überaus reichen Besitzungen in Süd- und Mittelamerika sind erste Initiativen zur Etablierung von Spezialschulen auf die 1770er Jahren zu datieren. Hier war es zunächst eine Patriotische Gesellschaft – die „Baskische Gesellschaft der Freunde des Landes“ (Bascongada), die zur Deckung des Fachkräftebedarfs in dem insbesondere durch seine Eisenerzlagerstätten rohstoffökonomisch bedeutendem Baskenland 1777 eine „Metallurgische Schule“ am Patriotischen Seminar in Vergara einrichten ließ. Im selben Jahr entstand in Almadén auf zentralstaatliche Bestrebungen hin eine Bergakademie, an der



Abb. 3: Gebäude der Bergakademie Almadén im aktuellen Zustand.

prioritär Fachkräfte für den kolonialen Bergbau qualifiziert werden sollten. Die Wahl des peripheren Standorts war der Relevanz der Almadéner Quecksilberbergwerke für den lateinamerikanischen Edelmetallbergbau geschuldet, denn vorrangig mithilfe des hier gewonnenen Quecksilbers wurde das in Mexiko abgebaute Silbererz mithilfe von Amalgamationsverfahren verhüttet. Der nur geringe Zustrom an die weitab gelegene Bergakademie von Almadén führte 1785 zur Etablierung einer weiteren Institution – der *Escuela de Mineralogía* in Madrid. Für eine höhere montanistische Ausbildung war in den nachfolgenden Dekaden das Absolvieren von Kursen an beiden Einrichtungen erforderlich. Die räumliche Trennung wurde erst mit der Zentralisierung des Ausbildungsangebots in Madrid durch Eröffnung der *Escuela Especial de Ingenieros de Minas* 1836 aufgehoben. Indessen kam es bereits im Jahr 1792 – wie seit über eine Dekade von den kolonialen Eliten gefordert – zur Gründung einer Bergakademie in Lateinamerika, konkret in Mexiko-Stadt.

Die Ein- und Ausrichtung dieser Institutionen folgte dem der Vorbilder in Sachsen und Österreich-Ungarn, die (gestandene bzw. sich in Ausbildung befindliche) Fachkräfte und Regierungsvertreter aus dem spanischen Reich während kürzerer oder längerer Aufenthalte oder über den Austausch mit Netzwerkpartnern kennengelernt hatten. Die Lehrkräfte an den neu etablierten Bildungsanstalten stammten entweder selbst aus dem deutschen Sprachraum oder hatten dort eine Phase ihrer Ausbildung absolviert. So war Fausto d’Elhuyar (1755-1833), ab 1781 Professor für Mineralogie und Metallurgie an der „Metallurgischen Schule“ in Vergara und Gründungsdirektor der

Bergakademie in Mexiko-Stadt, zwischen 1778 und 1781 Student der Freiburger Bergakademie (Matrikelnummer 182). Andrés Manuel del Río, ab 1794 Professor der Mineralogie und Geologie in Mexiko-Stadt, hatte sich zwischen 1789 und 1792 zum Studium in Freiberg aufgehalten. Und Francisco de la Garza (1757-1832) und Diego de Larrañaga (1760-1814), die ab 1800 Markscheidkunst bzw. Bergbaukunst in Almadén lehrten, hatten zwischen 1798 und 1800 an der Bergakademie Freiberg studiert (Matrikelnummern 510 und 511).

In ihrem Unterricht verwendeten die Lehrkräfte ihre eigenen Vorlesungsschriften. In Ergänzung dazu verfassten sie Lehrbücher, in denen sie unter anderem das auf den Ausbildungstouren erlangte Wissen zusammenfassten, oder fertigten Übersetzungen von Fachbüchern in ihre Heimatsprache an. Darüber hinaus griffen sie im Mineralogie-Unterricht auf Mineraliensammlungen zurück, die sie während ihrer Touren zusammengestellt oder im Nachgang bei einschlägigen Verkaufsanstalten erworben hatten, wie am Beispiel der von Martín de Párraga (?-1811)⁴ 1806 an der Freiburger Mineralienniederlage für die *Escuela de Mineralogía* in Madrid angekauften Kollektion ersichtlich wird.⁵

In Frankreich stellte die 1783 erfolgte Gründung der *École des Mines* in Paris den Endpunkt eines längeren Prozesses zur Formalisierung von Strukturen der höheren montanistischen Ausbildung dar. Die ab etwa Mitte des Jahrhunderts verstärkten Bestrebungen der französischen Monarchie, heimische Lagerstätten besser zu nutzen, hatten einen Mangel an qualifizierten Fachkräften offenbart, der sich über die gesamte Wertschöpfungskette von der Prospektion über den Abbau bis zur Verarbeitung der Ressourcen erstreckte.

te. Bereits Ende der 1740er Jahre hatte der seinerzeit als *Intendant des finances* tätige Daniel-Charles Trudaine (1703-1769) ein strukturiertes Ausbildungsprogramm eingeführt, das den Besuch von Kursen an der *École des Ponts et Chaussées* und von Chemie-Vorlesungen an der Akademie der Wissenschaften in Paris vorsah.⁶ 1778 wurde dann auf Initiative des Finanzministeriums an der Pariser Münze eine *École Publique et Gratuite de Minéralogie et de la Métallurgie docimastique* etabliert. Unter dem Eindruck von Gesprächen mit dem Initiator der Freiburger Bergakademie, Friedrich Anton von Heynitz (1725-1802), der sich zwischen Oktober 1775 und April 1777 als Berater einer Bergwerksgesellschaft in Paris aufhielt, gelang es dem an der Münze als Prüfingenieur tätigen Georges Sage (1740-1824) die Einrichtung einer vollwertigen höheren montanistischen Bildungseinrichtung umzusetzen. Neben Sage, der sodann als ihr Direktor fungierte, lehrte fernerhin Jean-Pierre François Guillot-Duhamel (1730-1816),⁷ der sich im Jahr 1757 vier Monate in Freiberg zu Weiterbildungszwecken aufgehalten hatte,⁸ an der neu gegründeten Bergakademie. In ihrem Kursangebot orientierte sie sich an dem der Institutionen in Freiberg und Schemnitz. Das auf drei Jahre angelegte Studium gliederte sich in theoretische und praktische Unterrichtsabschnitte, wobei letztere vorrangig in den Bleibergwerken von Poullaouen in der Bretagne durchlaufen werden sollten. Für den mineralogischen Unterricht wurde eine Sammlung eingerichtet, deren Grundstock Sages private Kollektion bildete. Als Lehrbücher fanden aufgrund des Mangels an französischsprachiger

Fachliteratur Abhandlungen aus dem Ausland, die bereits zuvor oder eigens zu Unterrichtszwecken ins Französische übersetzt wurden, Verwendung.⁹

Auch im russischen Zarenreich führte die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts zunehmende Intensivierung der Bergbauaktivitäten nach Entdeckung neuer Lagerstätten zu einem erhöhten Bedarf an hoch qualifizierten Fachkräften. Während dieser – wie auch in anderen Regionen Europas und Amerikas – über Anwerbung ausländischer, insbesondere deutschsprachiger Berg- und Hüttenleute gedeckt wurde,¹⁰ führte das Erfordernis, einen eigenen festen Facharbeiterstamm aufzubauen, zunächst zur Einrichtung von sogenannten Bergschulen. Um eine Ausbildung auch auf akademischem Niveau zu gewährleisten, drängte man schließlich von verschiedenen Seiten auf die Errichtung einer höheren Lehranstalt für das Berg- und Hüttenwesen.

Interessanterweise hat sich zuerst mit Johann Gottlob Lehmann (1719-1767) ein gebürtiger Sachse dafür ausgesprochen und eingesetzt. Lehmann war nach Publikation seiner Schrift *Kurtze Einleitung in einige Theile der Bergwercks-Wissenschaft* (Berlin 1751) 1754 zum Bergrat ernannt sowie in die (preußische) Königliche Akademie der Wissenschaften berufen worden. Ab 1760 wirkte er an der St. Petersburger Akademie der Wissenschaften als Professor für Chemie und Direktor des Kaiserlichen Naturalienkabinetts. Ein Teil seiner Fachbücher wurde auch ins Russische übersetzt.¹¹ Sein Kollege war kein geringerer als Lomonosov, der seine Ausbildung bei Christian Wolff (1674-1732) in Marburg und Johann

Friedrich Henckel (1678-1744) in Freiberg erhalten hatte und ab 1745 als Professor für Chemie in St. Petersburg tätig war.¹² Beide verband ein reger fachlicher Austausch, der zu der Einsicht führte, dass in Russland eine höhere technische Lehranstalt für das Montanwesen eingerichtet werden müsse. Vor allem auf nachdrückliche Empfehlungen seitens der Montanunternehmensgemeinschaft genehmigte Zarin Katharina II. (1729-1796) dann am 21. Oktober (3. November 1773) die Einrichtung einer ersten höheren technischen Schule für das Montanwesen in Russland.

Am 9. Juli 1774 fand die feierliche Eröffnung statt, womit gleichzeitig der Beginn der höheren technischen Bildung im russischen Reich markiert wurde. Der ursprüngliche Plan sah eine Studiendauer von 3 bis 3,5 Jahren und einen Abschluss im Rang eines „Schichtmeisters“ oder eines „Unteroffiziers“ vor. Zunächst wurden 19 Studenten der Moskauer Universität immatrikuliert, zudem vier Studenten der Probierkunst aus dem chemischen Laboratorium des Berg-Kollegiums und sechs Studenten aus der Schatzkammer. Obwohl man sich auf eine Studiendauer von 4 Jahren geeinigt hatte, verließ die erste Kohorte der Bergbauoffiziere die Lehranstalt bereits 1776, da sie als Absolventen der Moskauer Universität eine entsprechende Vorbildung nachweisen konnten.

Neben allgemeinen enthielt der Lehrplan hauptsächlich Spezialfächer wie Geometrie, Markscheidekunde, Mineralogie, Metallurgie, Chemie und Mechanik. Für die praktische Ausbildung wurde im Hof ein unterirdisches „Lehrbergwerk“ gebaut, auch spezielle Laboratorien und Einrichtungen, um



Abb. 4: Das von Katharina II. am 21. Oktober 1773 unterzeichnete Dekret über die Gründung der Bergbau-Lehranstalt (Quelle: www.spmi.ru)

HOHEITLICH GENEHMIGTER
VORTRAG DES SENATS
ÜBER DIE GRÜNDUNG
DER BERGAKADEMIE

DIESE AKADEMIE SOLL DEN NAMEN
BERGKADETTENKORPS TRAGEN, DENN
DARIN LERNENDE JÜNGLICHE
SOLLEN EINZIG FÜR DEN DIENST
IM BERGKORPS AUSGEBILDET WERDEN.

Es sei! *Katharina*

ST. PETERSBURG 21. OKTOBER 1773



Abb. 5: Situationsplan des Lehrbergwerks auf dem Gelände der Bergbau-Lehranstalt (nach D. I. Sokolov), das nach einem Entwurf von Hans Michael Renovantz gestaltet wurde.

technologische Abläufe im Berg- und Hüttenwesen zu trainieren.

Die Anfangsjahre wurden ganz wesentlich durch Hans Michael Renovantz (1744-1798) geprägt, dem ersten Deutschen an der Einrichtung. Renovantz hatte von 1768 bis 1771 als 43. Student an der Freiburger Bergakademie studiert und war damit Kommilitone von Abraham Gottlob Werner. 1774 hatte er an der St. Petersburger Anstalt die Ausbildung in den Fächern Mineralogie, Physik, Bergbau- und Markscheidkunde übernommen. Renovantz hinterließ deutliche Spuren, da er das gesamte Lehrprogramm entsprechend seiner in Freiberg genossenen Ausbildung gestaltete. Auch an der Ordnung der Sammlung russischer und ausländischer Mineralien der Kunstkammer engagierte er sich; er bestimmte und ordnete sie entsprechend der Klassifikation des schwedischen Chemikers und Mineralogen Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785). Mit dem 1788 in Reval¹³ erschienenen Standardwerk *Mineralogisch-geographische und andere vermischte Nachrichten von den Altaischen Gebürgen Russisch Kayserlichen Antheils* hinterließ er ein wertvolles Dokument über die Frühzeit des altaischen Bergbaus.

Die der Gründung folgenden Jahre waren von einem intensiven Austausch zwischen Russland und Sachsen geprägt, der auch darin zum Ausdruck kam, dass man jedes Jahr ausgewählte Kandidaten zur montanistischen Ausbildung an die Bergakademie schickte. Sie kamen hier auch in Kontakt mit der wissenschaftlichen Schule von A. G. Werner, die auf diese Weise frühzeitig in die russische montanwissen-

schaftliche Ausbildung einfluss und das Niveau der Lehranstalt beeinflusste. So übernahm P. F. Ilman die Fächer Geologie, Bergbau, Markscheidkunde, Metallurgie, Probierkunst und Chemie; P. P. Meder unterrichtete Geognosie und Bergbau, wurde Intendant des Mineralienkabinetts und der Modellsammlung, und von 1818 bis 1826 leitete er das „St. Petersburger Bergkadettenkorps“ – so der neue Name nach Umbenennung der Schule im Jahre 1804.

Das Archiv der TU Bergakademie Freiberg bewahrt die Unterlagen von über 800 russischen Studenten für den Zeitraum bis zum Jahre 1914 auf, die in der Bergstadt weilten, wobei neben dem Studium auch die Inspektion ausgewählter Gruben und Hütten des Erzgebirges auf der Agenda stand. Der Freiburger Hochschullehrer Carl Schiffner (1865-1945) schreibt mit Bezug auf „die größte Anzahl aller in Freiberg inskribierten Ausländer“:

„Gerade zwischen dem Kaiserlich-russischen Bergcorps und dem russischen Bergwesen einerseits und der Bergakademie und ihren Dozenten andererseits aber haben von Anfang an bis über die Mitte des vorigen Jahrhunderts hinaus ganz besonders enge und freundschaftliche Beziehungen bestanden. Das russische Bergwesen war damals militärisch organisiert. Zahlreiche, bereits im Amte befindliche, vielfach im Offiziersrang stehende Bergbeamte haben zur Vervollständigung und Vertiefung ihrer Kenntnisse noch in Freiberg studiert und es später im russischen Bergcorps teilweise bis zu den höchsten Stellen gebracht.“¹⁴

Die im 18. Jahrhundert in einigen

Legende

- A - Glimmerschiefer
- B - eisenhaltiger Phyllit
- C - Diabas
- D - Kalkstein
- E - Sandstein
- F - Kohleformation



Abb. 6: Gebäude der Bergbauuniversität auf der Vasilievsky-Insel in St. Petersburg; seit 2023 trägt sie den Namen St. Petersburger Bergbauuniversität „Kaiserin Katharina II.“

fortschrittlichen Ländern erfolgte Gründung höherer montanistischer Bildungseinrichtungen lässt sich als Teilbewegung im Rahmen der europaweiten emanzipatorischen Epoche der Aufklärung – das *siècle des lumières* – verstehen. Die Zeit schien reif für eine Hinwendung zu den Naturwissenschaften, wobei die von den französischen Enzyklopädisten Denis Diderot und d’Alembert geschaffene 35-bändige *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* als einer der Maßstäbe galt. Gelehrte Akademien und wissenschaftliche Gesellschaften etablierten sich als Heimstätten eines neuen Gelehrtentypus, der naturwissenschaftlichen Erkenntnissen zum Fortschritt verhalf und somit auch die Basis für die Institutionalisierung der Bildung sorgte. Dass das Montanwesen hier ganz am Anfang steht, erklärt sich vor allem aus dem Erfordernis, die gestiegenen – vor allem technischen – Anforderungen des Berg- und Hüttenwesens durch Einbeziehung der Wissenschaft zu gewähren. Über Jahrhunderte dominierte die Empirie, nun

stellte sich die Theorie neben die Praxis – ganz im Sinne des Leibniz’schen Postulats *theoria cum praxi*, das hiermit seine Verwirklichung fand.

Es ehrt und verpflichtet uns in besonderer Weise, dass die Wissenschaftsbeziehungen zwischen der Bergakademie Freiberg und den von Russland bis Mexiko gegründeten höheren montanistischen Lehranstalten von Anbeginn eine gedeihliche Entwicklung genommen haben und sich der Einfluss der Freiburger Institution als Impulsgeberin bei Prozessen der Formalisierung von Strukturen der höheren Ausbildung im Montanwesen anhand der überkommenen archivalischen Dokumente auch heute noch gut nachvollziehen lässt.

1 Prof. Dr. Friedrich Naumann, friedrich.naumann@phil.tu-chemnitz.de

2 Detaillierte Informationen zu den Karrierewegen der Bergakademie-Lehrer finden sich

in: Herbert Kaden (Hrg.): *Catalogus Professorum Freibergensis. Professoren und Lehrer der TU Bergakademie Freiberg 1765 bis 2015*. Freiberg. 2015.

- 3 Vgl. Peter Konečný: Die montanistische Ausbildung in der Habsburgermonarchie. In: Hartmut Schleiff, Peter Konečný (Hrg.): *Staat, Bergbau und Bergakademie. Montanexperten im 18. und 19. Jahrhundert*. Stuttgart. 2013, S. 103; Wolfhard Weber: Erschließen, Gewinnen, Fördern. Bergbautechnik und Montanwissenschaften von den Anfängen bis zur Gründung Technischer Universitäten in Deutschland. In: Wolfhard Weber (Hrg.): *Salze, Erze und Kohlen. Der Aufbruch in die Moderne im 18. und frühen 19. Jahrhundert (Geschichte des deutschen Bergbaus, Band 2)*. Münster. 2015, S. 239.
- 4 Martín de Párraga hatte ab 1803 an der Freiburger Bergakademie studiert (Matrikelnummer 606).
- 5 Vgl. Julia Petzak: Abraham Gottlob Werner als Gründer der Mineralienniederlage an der Bergakademie Freiberg. In: Susanne Kandler (Hrg.): *Abraham Gottlob Werner und die Geowissenschaften seiner Zeit*. Freiberg. 2020, S. 143.
- 6 Vgl. Jan-Pieter Barbian: Deutsch-französische Beziehungen in der Wissenschaft und Technologie des 18. und 19. Jahrhunderts. Das Beispiel der montanwissenschaftlichen Ausbildung. In: *Technikgeschichte*. 56, 4 (1989), S. 309; Hans-Günter Lichtenbäumler: *Die École*

des Mines in Paris. Gründung und Entwicklung bis 1815. In: *Der Anschnitt*. 40 (1988), S. 2.

- 7 Sage war für die Lehre in den Fächern Chemie, Mineralogie und Probierkunst, Guillot-Duhamel für die der Metallurgie, Bergbau und Bergmaschinenkunde verantwortlich.
- 8 Siehe Universitätsarchiv Freiberg (UAF), OBA 182, Bl. 11.
- 9 Vgl. Annett Wulkow Moreira da Silva: *Montane Netzwerke. Wissenszirkulation im Montanwesen zwischen Sachsen und der spanisch- und portugiesischsprachigen Welt an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert*. Leipzig. 2023, S. 44.
- 10 So betrug Ende des 18. Jahrhunderts der Anteil deutscher Fachleute im ingenieurtechnischen Bereich der Altai-Betriebe 22,2 % – gegenüber 10,1 % im ersten Jahrzehnt des Bestehens der Kabinettsbetriebe.
- 11 Иоганн Готлоб Леман.; *Пробирное искусство*. (1772); *Минералогия* (1772); *Рассуждение о фосфоре* (1780).
- 12 Vgl. Friedrich Naumann: Michail Vasil'evic Lomonosovs Beitrag zur Herausbildung der geologischen Wissenschaften in Russland. In: *ACAMONTA, Ztschr. f. Freunde u. Förderer der TU Bergakademie Freiberg*. 13(2016), Sonderbeilage.
- 13 Heute die estnische Hauptstadt Tallinn.
- 14 Carl Schiffner: *Aus dem Leben alter Freiburger Bergstudenten*. Freiberg 1935–1940; hier Bd. 2 (1938), S. 159.

Montane Netzwerke. Wissenszirkulation im Montanwesen zwischen Sachsen und der spanisch- und portugiesischsprachigen Welt an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert

Annett Wulkow Moreira da Silva

In den letzten Dekaden des 18. Jahrhunderts kam es zu einer Verdichtung der Austauschbeziehungen zwischen Akteuren im sächsischen und spanischen sowie portugiesischen Montanwesen. Die beiden Monarchien der iberischen Halbinsel setzten im Rahmen ihrer Bestrebungen zur Reorganisation und Modernisierung des Berg- und Hüttenwesens auf eine Intensivierung von Aktivitäten des internationalen Wissenstransfers. Von den hierfür geknüpften Netzwerken profitierten alle beteiligten Partner in vielfältiger Weise: Im spanischen und portugiesischen Kolonialreich gingen die Ein- und Ausrichtung von neuen Strukturen der höheren montanistischen Ausbildung und der Montanverwaltung sowie die Einführung moderner beziehungsweise die An-

passung traditioneller Verfahren zur Gewinnung und Verarbeitung von Bodenschätzen auf Impulse aus dem



mitteleuropäischen Raum zurück. Akteure in Sachsen wurden im Gegenzug von ihren Netzwerkpartnern im spanischen und portugiesischen Reich mit Wissen zu berg- und hütten-technischen Verfahren sowie zu Geologie und Mineralogie versorgt, das sie zur Entwicklung neuer wissenschaftlicher Theorien nutzten.

Montane Netzwerke. Wissenszirkulation im Montanwesen zwischen Sachsen und der spanisch- und portugiesischsprachigen Welt an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert

Annett Wulkow Moreira da Silva

Leipziger Universitätsverlag

Erschienen am 03.11.2023

365 Seiten

ISBN 978-3-96023-568-2

40,00 €

erhältlich beim Verlag und im Buchhandel

Der Maler Anton Graff – ein Porträtist seiner Zeit

Peter Hauschild

Der Senatssaal der TU Bergakademie Freiberg ist mit einer Vielzahl von Porträtmalereien geschmückt, die durchaus als Spiegelbild der Geschichte der Universität zu verstehen sind. Unter diesen fällt besonders das Großporträt eines der Gründerväter der Bergakademie Freiberg, Generalbergkommissar Friedrich Anton von Heynitz, auf. Das Bild von Anton Wichmann 1863 gemalt, ist eine sehr gute Kopie eines älteren Gemäldes des Malers Anton Graff, eines der berühmtesten Porträtmaler des 18. Jahrhunderts.¹ Der Name Graff ist jedoch nicht nur mit diesem Bildnis verknüpft, er schuf ebenso das berühmte Ölgemälde, welches Christlieb Ehregott Gellert, einen der ersten Professoren der neuen Bergakademie, zeigt.² Und wiederum ist das besonders eindringliche Antlitz von Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra, bekannt als der Bergakademie allererster Student, vertraut durch eine 1808 geschaffene Kreidezeichnung von Anton Graff.³ Wer war also dieser außergewöhnliche Künstler, der neben so vielen Porträts diese drei wichtigen Persönlichkeiten aus der frühen Geschichte der TU Bergakademie Freiberg für uns im Bild festhielt?

Am 18. November 1736 kam Anton Graff in der Schweizer Stadt Winter-



Porträt Friedrich Anton von Heynitz, gemalt von Adolf Wichmann, Kopie nach einem Original von Anton Graff (1863), Inv.-Nr. K0233, ©TU Bergakademie Freiberg / W. Rabich

thur als Kind von Anna Barbara Graff, geb. Boller (1697-1744), und Hans Ulrich Graff (1697-1767), einem Zinngießer, zur Welt.⁴ Ursprünglich sollte er wie sein Vater das Handwerk des Zinngießens erlernen, besuchte jedoch ab 1753 für drei Jahre in seiner Geburtsstadt die Mal- und Zeichenschule von Johann Ulrich Schellenberg. Ein Teil seiner weiteren Ausbildung erfolgte ab 1756 bei dem Maler und Kupferstecher Johann Jakob Haid in Augsburg. Schon im Jahr darauf musste er Augsburg verlassen und ging daraufhin als Geselle zum Ansbacher Hofmalers Leonhard Schneider, bei dem er bis 1759 blieb. Anschließend kehrte Graff zu Haid nach Augsburg zurück. Im August 1764 verließ er die Stadt vorübergehend und hielt sich bis Anfang 1765 in Regensburg auf, um dort Porträtaufträge auszuführen. Gegen Ende des Jahres folgte ein längerer Aufenthalt in seiner Schweizer Heimat in Winterthur und Zürich. Johann Heinrich Heidegger, bei dem Graff in Zürich wohnte, vermittelte Graff an den Dresdner Akademiedirektor Christian Ludwig von Hagedorn. Dieser forderte Graff auf, in Dresden probeweise ein Gemälde anzufertigen. Die Aufforderung war mit dem Versprechen verbunden, dass er eine bezahlte Anstellung in Dresden erhält, sofern die Arbeit Gefallen finden sollte. Aufgrund seiner Skepsis gegenüber der eingeforderten Probe sandte Graff ein bereits fertiggestelltes Selbstporträt. Dieses Probestück schien positiv aufgenommen worden zu sein, denn er wurde im Frühjahr 1766 in Dresden zum Hofmaler und Mitglied der dortigen Kunstakademie ernannt. Die Stelle als Hofmaler hatte er sein gesamtes weiteres Leben inne, in dieser Funktion malte er zahlreiche Porträts der kurfürstlichen Familie. Zudem nahm er ab 1767 an der jährlichen Akademieausstellung teil. Darüber hinaus gehörte eine Vielzahl an bedeutenden Persönlichkeiten des sächsischen Bürgertums und Adels zu seinem Kundenkreis, wie die Familie von Miltitz, deren Mitglieder er im Porträt festhielt. Trotz seiner herausragenden Position war es ihm erlaubt,



Porträt Christlieb Ehregott Gellert, gemalt von Anton Graff (um 1790), Inv.-Nr. K0516, ©TU Bergakademie Freiberg / W. Rabich

mehrere Monate im Jahr zu verreisen. So begab er sich unter anderem regelmäßig nach Leipzig, denn zu einem seiner bedeutendsten Auftraggeber entwickelte sich der Leipziger Verleger und Buchhändler Philipp Erasmus Reich. Dieser legte eine Galerie mit Porträts berühmter Zeitgenossen an, für die Graff zwischen 1769 und 1783 mehr als 25 Bildnisse schuf. Leipzig erwies sich insgesamt als sehr förderlich für seine Tätigkeit. Über einen Zeitraum von vier Jahrzehnten stellte er etwa 200 Bildnisse her und porträtierte dabei insbesondere Gelehrte, Künstler und einflussreiche Kaufleute der Stadt. Seine Gemälde dienten als Vorlage für zahlreiche druckgrafische Reproduktionen, die zur Verbreitung seiner Bilder und ebenso zu seiner Popularität beitrugen. Allein der mit Graff befreundete Johann Friedrich Bause, an der Leipziger Kunstakademie als Lehrer für den Kupferstich tätig, gab 45 von Graff geschaffene Bildnisse in diesem druckgrafischen Medium wieder. Daneben reiste Graff häufig nach Berlin. So heiratete er 1771 hier Elisabeth Sophie Auguste Sulzer (1753-1812), die Tochter des Philosophen, Mathematikers und Ästhetikers Johann Georg Sulzer, der – ebenso wie Graff – aus Winterthur stammte. Mit ihr hatte er fünf Kinder. Sein ältester Sohn Carl Anton Graff

(1774-1832) stieg in die Fußstapfen des Vaters und wurde ebenfalls Maler. Durch seine regelmäßigen Aufenthalte in der preußischen Hauptstadt erschlossen sich Anton Graff in der Folge neue Auftraggeber, zu denen unter anderem das preußische Königshaus zählte. So ließ sich König Friedrich II., bekannt als der Große, 1781 von ihm porträtieren. 1783 ernannte ihn die Akademie der Künste in Berlin zum Ehrenmitglied und ab 1786 zeigte er seine Werke auf deren Akademieausstellung. 1788 bot man Graff sogar eine mit einem deutlich höheren Gehalt verbundene Anstellung am preußischen Hof an, die er jedoch ablehnte. An der Dresdner Kunstakademie erhielt er im darauffolgenden Jahr schließlich den Titel des Professors. In seiner späteren Schaffenszeit wandte sich Graff verstärkt der Landschaftsmalerei zu. Um 1800 entstanden so vier Gemälde als Zyklus der Tageszeiten, heute im Besitz der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden, die die Umgebung Dresdens zeigen. Mit dem befreundeten Landschaftsmaler Adrian Zingg unternahm er bereits ab 1766 Ausflüge in die Sächsischen Schweiz, jene markante Sandsteinlandschaft an der Elbe südlich von Dresden.⁵ Mehr als dreißig Schüler, darunter seinen eigenen Sohn Carl Anton Graff und Philipp Otto Runge, bildete Graff in der Malerei aus. Um 1800 machte sich jedoch eine zunehmende Sehschwäche bemerkbar, die ihn bei seiner Arbeit behinderte. Aufgrund der verschiedenen kriegerischen Ereignisse im Zuge der Befreiungskriege in und um Dresden war Graff 1813 gezwungen, seine Dresdner Wohnung zu verlassen und zu seiner Tochter zu ziehen, in deren Wohnung er am 22. Juni 1813 verstarb. Seine letzte Ruhe fand er auf dem Dresdner Johannisfriedhof. Seine Bedeutung für die Kunstwelt seiner Zeit zeigt sich darin, dass er noch wenige Monate vor seinem Tod die Ehrenmitgliedschaften der Kunstakademien in Wien und München erhielt. Anton Graff zählt zweifelsohne zu den erfolgreichsten Porträtmalern Deutschlands des 18. Jahrhunderts. Mit über 800 Porträts schuf er ein ansehnliches Oeuvre. Er stellte zahlreiche Personen aus adligen wie bürgerlichen Kreisen dar und hielt besonders viele Persönlichkeiten aus

Kunst und Kultur im Bild fest. Vielfach ist die heutige Vorstellung, wie eine historische Person aussieht, da-



Porträt Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra, von Anton Graff, © TU Bergakademie Freiberg / Medienzentrum

von geprägt, wie Anton Graff diese malte. Außergewöhnlich ist zudem die Auseinandersetzung Graffs mit seiner eigenen Person, was sich an mehr als 80 Selbstbildnissen in Form von Gemälden, Zeichnungen oder Druckgrafiken zeigt.

Die Gemälde, die Heynitz und Gellert zeigen, gehören zum umfangreichen Kunstbesitz der TU Bergakademie Freiberg, der durch die Mitarbeiter der Kustodie betreut und gepflegt wird. Bis in die Gegenwart ist Anton Graffs Kunst und die Frage der Wirkung auf seine Mitmenschen ein Thema von großem öffentlichem Interesse. So ist es nicht verwunderlich, dass die Kustodie der TU Bergakademie Freiberg gebeten wurde, das Heynitzporträt für ein wichtiges Ausstellungsvorhaben zur Verfügung zu stellen. Vom Oktober 2022 bis Februar 2023 konnte das Gemälde in der großen Sonderausstellung „Berührende Formen – Johann Gottfried Schadow“ in der Alten Nationalgalerie der Staatlichen Museen zu Berlin einer breiten Öffentlichkeit gezeigt werden.⁶ Das zentrale Anliegen der Schau war zwar das Leben des berühmten Bildhauers Johann Gottfried Schadow (1764-1850) und sein Meisterstück, die sogenannte Prinzessinnengruppe, die lebensgroß die Prinzessinnen Luise und Friederike von Preußen darstellt. Jedoch sollten zahlreiche Leihgaben, darunter auch das Freiburger

Gemälde, zeigen, welchen Einfluss die Zeitgenossen von Schadow und deren Arbeiten im Bereich Kunst auf dessen Schaffen und die Entstehung seines berühmtesten Werkes hatten.

Bis heute stellen die Persönlichkeiten der Gründungsepoche der Bergakademie im 18. Jahrhundert wie Heynitz, Gellert und Trebra eine wichtige Grundlage für das Traditionsverständnis der modernen Technischen Universität in Freiberg dar. Die Werke von Anton Graff, insbesondere das Originalgemälde von Gellert und die sehr gute Heynitz-Kopie, die Wichmann nach Graffs Bild schuf, machen diese Persönlichkeiten für künftige Generationen greifbar. Darin liegt immer noch der besondere Wert seiner Kunst.

¹ Das Originalgemälde von Graff war eine Leihgabe von Benno von Heynitz an die Bergakademie Freiberg. Dessen Erbe, Paul von Heynitz, forderte das Gemälde jedoch für sich ein. Da die Eigentumsfrage unklar war, handelte das Königlich Sächsische Finanzministerium einen Kompromiss aus: Gegen die Anfertigung einer hochwertigen Kopie für die Bergakademie durfte Paul von Heynitz das Originalgemälde zurückerhalten. 1863 fertigte daher der Dresdner Maler Adolf Wichmann die entsprechende und noch heute zu sehende Kopie an. Das Original gilt seit dem Zweiten Weltkrieg als Verlust, vgl. Frieder Jentsch: Nun bewiesen: Gemälde ist eine Kopie. In: BERGAKADEMIE 5 (1994), S. 11; derselbe: Friedrich Anton von Heynitz. In: Rektor der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (Hrsg.): Wissenschaft vor Ort. Bilder zu Geschichte und Gegenwart der TU Bergakademie Freiberg. Freiberg 2005, S. 48.

² Nicht nur ihn, sondern auch seinen nicht weniger berühmten Bruder, den deutschen Fabeldichter Friedrich Fürchtgott Gellert, hielt er in einem Ölgemälde fest.

³ Vgl. Angela Kiesling, Markus Tittes: Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra. In: Rektor der Technischen Universität Bergakademie Freiberg (Hrsg.): Wissenschaft vor Ort. Bilder zu Geschichte und Gegenwart der TU Bergakademie Freiberg. Freiberg 2005, S. 66-67.

⁴ Vgl. zur Biografie u. a. Alana Möller: Anton Graff, In: Sächsische Biografie, Institut für Sächsische Geschichte und Volkskunde e.V. (Hrsg.), Online-Ausgabe: <http://www.isgv.de/saebi/>

⁵ Der Maler Adrian Zingg (1734-1816), wie Graff ein gebürtiger Schweizer, gilt heute mithin als Namensgeber der Sächsischen Schweiz.

Mein Dank gilt Herrn Dr. Andreas Benz, Leiter der Kustodie der TU Bergakademie Freiberg, für die weitergehenden Informationen zu Gemälden und Ausstellung.

„... er pflegte früh zu beginnen, wenn die Stadt noch in tiefem Schlaf lag ... „¹ Zum 200. Geburtstag von Carl Herrmann Müller

Angela Kugler-Kießling

Am 22.02.1823 wird Carl Herrmann Müller als fünftes von sieben Kindern des Stadtschullehrers Gottlieb Benjamin Müller und dessen Ehefrau in Leisnig geboren. Es ist die Landschaft mit den malerischen Porphyrbergen rings um die Muldenaue, die sein Interesse für Geologie schon in früher Kindheit geweckt hat. Als er mit dem Vater auf einer Ferienwanderung eine der Freiburger Gruben befahren kann, entscheidet er sich sofort für den Beruf eines Bergmanns. Er absolviert das Thomasgymnasium in Leipzig und wird 1841 an der Bergakademie in Freiberg² immatrikuliert. Es sind bedeutende Lehrer, deren Vorlesungen Carl Herrmann Müller während seines Studiums besucht. Ferdinand Reich, August Breithaupt, Bernhard von Cotta, Julius Weisbach, Carl Plattner oder auch Moritz Ferdinand Gätzschmann. Besonderen Einfluss haben aber offensichtlich die Studien bei Johann Carl Freiesleben. Seine umfassenden Kenntnisse der sächsischen Erzgruben beeindruckten den Studenten Müller zutiefst. Oberberghauptmann Friedrich Constantin Freiherr von Beust erkennt schnell die große Befähigung für geologische Untersuchungen und stellt Müller 1846 bei der Ganguntersuchungskommission³ an. Die Ergebnisse dieser Arbeiten über den Einfluss des Nebengesteins auf die Erzführung der Gänge werden in Bernhard von Cottas Gangstudien veröffentlicht. Es entstehen die so genannten Müllerschen-Reihen, die die Nebengesteine nach dem Grad ihres günstigsten oder ungünstigsten Einflusses ordnen. Ende 1851 wird Müller als Bergassessor ins Bergamt nach Schneeberg berufen und beginnt seine Arbeiten im Silber-Kobalterz-Gangerzfeld. Die Ergebnisse publiziert er unter den Titeln „Über eine merkwürdige Druse auf einem Schneeberger Kobaltgang“⁴ und „Der Erzdistrikt von Schneeberg im Erzgebirge“⁵. Die Schneeberger Gangstudien zeigen erstmalig die Gänge nach einzelnen Formationen gruppiert und nach dem Alter geordnet. Die ungewöhnlichen

Verkieselungsvorgänge, die den mineralogischen Charakter der dortigen Spaltenfüllungen als eine Pseudomorphosenbildung gänzlich umprägten, sind darin verfolgt und geklärt. In Löbnitz studiert er die damals bedeutende Schieferbruchindustrie und wird schließlich deren Berater.

Seine ersten Berichte zu Sprengarbeiten mit einer galvanischen Batterie entstehen auf der Fundgrube Weißer Hirsch in Schneeberg. Ab 1862 beschäftigt er sich als technischer Mitarbeiter des Freiburger Bergamts erneut mit der Sprengproblematik.⁶ 5 Jahre später, 1867, beschreibt er die „Sprengversuche mit dem Nobelschen neuen Sprengpulver – oder Dynamit“ auf der Grube Churprinz Friedrich August in Großschirma. Bereits 1853 wird er ans Oberbergamt nach Freiberg berufen, 1858 Obereinfahrer und nach Aufhebung des Oberbergamts ist er Bergmeister und technisches Mitglied des reorganisierten Bergamts Freiberg. Ihm wird von 1871-1878 die Betriebsleitung der fiskalischen Gruben Churprinz Friedrich August Erbstolln zu Großschirma und Beihilfe Erbstolln zu Halsbrücke übertragen. Von 1871-1877 ist er Administrator des Rothschönberger Stollns und damit maßgeblich an den Arbeiten an einem der größten Wasserlösestolln beteiligt⁷. Zum Durchschlagfest wird auch er mit dem Verdienstkreuz I. Klasse geehrt.

Außerhalb Sachsens arbeitet Carl Herrmann Müller seit 1852 an der Untersuchung der Silbererz-Lagerstätten am Silberberg bei Klein-Reinsdorf im Fürstentum Reuss-Greiz. 1854 reist er mit Freiherrn v. Beust nach Spanien und beschreibt die Erzgänge von Culebra⁸. Im gleichen Jahr untersucht er die Erzgänge der Fridolingrube bei Gablau in Niederschlesien. 1857 bereist er Norwegen und verfasst für die Königlich-Sächsische Blaufarben-Commission und für das Schneeberger „Sächsische Privatblaufarbenconsortium“ die Beschreibungen der Kobalt-Fahlbänder von Skutterud und Modum. Für diesel-

ben Auftraggeber untersucht er 1859 den Nickel-Blei-Kupfer-Bergbau bei Altenrath in Rheinpreussen. Es folgen etwa um 1882 noch Untersuchungen der Kobaltlagerstätten Gladhammer bei Westervik in Schweden. Einen Ruf an die Polytechnische Schule in Karlsruhe lehnt er 1861 ab.

In Sachsen folgen dann 1861 Gutachten zum Vorkommen von Kalkstein, 1862 Gutachten über mögliche Steinsalzvorkommen und Salzquellen. Die Thermalquellen von Wiesenbad und Wolkenstein entspringen nach Müller auf drusigen Quarzgängen, die teilweise Baryt führen.

Von besonderer Bedeutung für das Berufsleben Carl Herrmann Müllers war ohne jeden Zweifel sein Wirken für die geologische Landesuntersuchung Sachsens. Die von Carl Friedrich Naumann und Bernhard von Cotta zwischen 1836 und 1845 erstellte „Geognostische Specialcharte des Königreiches Sachsen“ musste dringend überarbeitet werden. Einen entsprechenden Antrag zur Neuaufnahme reichten Carl Friedrich Naumann, Bernhard v. Cotta und Hanns Bruno Geinitz bei der Landesregierung ein. Carl Herman Credner unterbreitet 1872 den „Entwurf eines Programmes der geologischen Landesuntersuchung des Königreiches Sachsen“ und begründet 1873 die neue geologische Landesuntersuchung. Carl Herrmann Müller legt das erbetene Gutachten in seinem „Vortrag, die Kartierung und Beschreibung der Erzlagerstätten für die geologische Landesuntersuchung betreffend“ am 27. Februar 1877 vor.

Zu seinen herausragenden Arbeiten gehören die Eintragungen sämtlicher Erzlagerstätten in die im Maßstab 1:25000 erstellten Messtischblätter und die dazugehörigen Erläuterungen der einzelnen Erzreviere. Sie enthalten neben der Naturgeschichte der Lagerstätten auch die Geschichte ihrer Erschließung und die Statistik ihrer wirtschaftlichen Nutzung. Müller beginnt 1877 mit der Aufnahme der Blätter Johannegeorgenstadt, Zöblitz, Elterlein,

Marienberg, Chemnitz, Annaberg, Geyer, Langhennersdorf, Brand, Rosswein, Lengefeld und Hohenstein. 1878 folgen Glauchau, Mittweida, Frankenberg, Eibenstock, Schneeberg, Wiesenthal, Zschopau, Schellenberg, Burkhardtsdorf, Löbnitz, Schwarzenberg und Kirchberg. In den folgenden Jahren erscheinen Monographien über die Erzgänge bei Hohenstein (1879), Thalheim (1879), Mittweida (1881), Eibenstock (1884) und Rosswein (1887). Über einen Zeitraum von fast 30 Jahren entstehen so zahlreiche Kartenwerke, die bis heute ihre einzigartige Bedeutung nicht verloren haben.⁹

Die Objektivität seiner Darstellungen, fernab von Anlehnungen an bestehende Theorien, sondern basierend auf eigenen geologischen Detailbeobachtungen bestimmen bis heute den Wert

seiner Lagerstättenuntersuchungen. 821 Literaturangaben haben bereits zu seinen Lebzeiten dazu beigetragen, die Kenntnisse auf dem Gebiet der Lagerstättenlehre zu verbreiten. Seine akribische Arbeitsweise hat ihm den Ehrennamen „Gangmüller“ eingebracht.

Am 10. Mai 1907 ist er in seinem Haus in der Hornstraße 29 in Freiberg verstorben.

Der wissenschaftliche Nachlass Carl Herrmann Müllers wird heute in der Universitätsbibliothek der TU Bergakademie Freiberg aufbewahrt.¹⁰

1 Kollektaneen der Literatur über Erzlagerstätten. In: Cotta, Bernhard v.: Gangstudien, 1. Bd., Freiberg 1850. – S. 437-516

2 Studium von 1841-1845 unter Matrikel-Nr. 1477

3 Die Gründung der Ganguntersuchungskommission 1846 ist das Ergebnis der erst wenige Jahre zuvor entschiedenen Auseinandersetzung zwi-

schen A. G. Werners Deszensionstheorie und J. Huttens und J. Playfairs Aszensionstheorie.

4 In: Zeitschrift der Geologischen Gesellschaft 2(1849/50)1. – S. 14

5 In: Gangstudien oder Beiträge zur Kenntnis der Erzgänge. 3(1857)1 u.2. – S. 1-222

6 Über die im Freiburger Bergamtsrevier mit Nitroglycerin angestellten Sprengversuche. -In: Jahrbuch für den Berg- und Hüttenmann (1867). – S. 223-244

7 Die Ausführungen des fiskalischen Rothschönberger Stollns in den Jahren 1844-1877. In: Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen, Abhandlungen Freiberg (1878). – S. 3-27

8 Über die Erzgänge des Grubendistrikts von Culera in Catalonien. In: Gangstudien oder Beiträge zur Kenntnis der Erzgänge 2(1854)3.- S. 338-345

9 Gemeinsam mit C. W. Weinhold entstehen zwischen 1853-1868 die „Gangkarten des Freiburger Bergreviers“ in 34 Blättern.

10 Kießling, Angela; Scholze, Susanne: Carl Herrmann Müller 1823-1907. Eine bibliographische Zusammenstellung seines Nachlasses, Freiberg, 2008. – 68 S.

Zum 100. Geburtstag Alexander M. Ospovats, eines modernen „Wernerianers“

Peter Hauschild

Alexander Meier Ospovat war ein US-amerikanischer Forscher für die Frühgeschichte der Geologie und Professor für Geschichte an der Oklahoma State University.¹ Bekannt wurde er vor allem für seine Untersuchungen zum Leben und Werk von Abraham Gottlob Werner.

Alexander Ospovats frühes Leben spiegelt die wechselvolle Geschichte einer jüdischen Familie in Europa zwischen dem Ende des Ersten Weltkriegs und den ersten Jahren des Zweiten Weltkriegs wider, wie Ausgrenzung und die Flucht in die Sicherheit Amerikas. Alexander Ospovat wurde am 13. März 1923 in Königsberg, Ostpreußen (heute Kaliningrad, Russland) als zweiter von zwei Söhnen in eine bürgerliche Familie hineingeboren. Sein Vater, Sohn einer Handwerkerfamilie aus Warschau, ging nach Russland. Dort hatte er bei Ausbruch der Revolution 1917 gerade ein Medizinstudium absolviert und diente bis 1922 als Sanitätsoffizier in der Roten Armee. Seine Mutter, geboren in Polangen, stammte aus einer Kaufmannsfamilie.² Sie arbeitete während des Ersten Weltkriegs als Krankenschwester. Beide lernten sich in Moskau kennen und heirateten 1918. Mit Alexanders Bruder Mordechai flohen sie aus Russland und

ließen sich für kurze Zeit in Königsberg nieder. Kurz nach seiner Geburt zog die Familie nach Memel (heute Klaipeda) in Litauen, wo der Vater ein Geschäft als Lieferant für Metzger und Bäcker führte. Russisch und Jiddisch waren die Hauptsprachen seiner Eltern. Memel war jedoch im Wesentlichen eine deutsche Stadt. Daher wuchs Alexander deutschsprachig auf und besuchte eine deutsche Schule, das Luisengymnasium. Seine Familie förderte sein musikalisches Talent, er zeigte unter anderem beachtliche Fähigkeiten am Klavier. Ab 1935 wurde das Leben für die jüdischen Schüler durch Diskriminierung ausgesprochen unangenehm. Im Jahr 1938 wurden er und andere jüdische Jugendliche von der Schule ausgeschlossen. Daher schickten ihn seine Eltern nach Liepaja in Lettland, wo er ein Jahr lang als Lehrling bei einem deutschsprachigen Blumenhändler unterkam. Der Rest der Familie floh noch 1939 vor der Besetzung durch die Deutschen aus Memel. Etwa ein Jahr lang lebten sie zusammen in Libau in Litauen, bevor sie Europa im Februar 1940 endgültig verließen. Alexander Ospovats Mutter hatte einen Bruder, der in Dallas/Texas lebte. Dieser half der Familie Ospovat, Visa zu erhalten und damit nach Amerika zu

gelangen. Eine sofortige Einreise in die Vereinigten Staaten wurde aufgrund nationaler Quotenbeschränkungen blockiert. Aber mit einer Vereinbarung über einen vorübergehenden Aufenthalt in Mexiko wurde zumindest die Erlaubnis für eine zweimonatige Durchreise durch die USA erreicht. Nach einem Jahr in Mexiko-Stadt bekamen die Eltern und der Bruder die Einreise in die USA gestattet. Alexander Ospovat blieb in Mexiko-Stadt und besuchte hier in den folgenden Jahren das St. Thomas Engineering College. Als er schließlich 1943 in die USA kam, schrieb er sich an der University of Oklahoma ein, erwarb 1945 einen Abschluss im Ingenieurwesen und arbeitete in den folgenden Jahren als Detailplaner für Ingenieurbüros. 1945 heiratete er Joyce Conoley, die er im Jahr zuvor kennengelernt hatte, als sie beide an der University of Oklahoma studierten.³ Sie lebten ein Jahr lang in New York City, bevor die Entscheidung fiel, nach Oklahoma zurückzukehren. Im Jahr 1953 beschloss Ospovat, wieder an der University of Oklahoma zu studieren, während er in Teilzeit als Vertragsingenieur arbeitete. An der Universität fand er bald einen Platz im neuen Graduiertenprogramm für die Geschichte der Wissenschaft. Die Ein-

richtung dieses Programms im Jahr 1954 war das Ergebnis der Schenkung einer Auswahl seltener wissenschaftlicher Bücher durch den Geophysiker und Büchersammler Everette Lee DeGolyer an die Universität. Dieser hatte selbst an der University of Oklahoma Geologie studiert.⁴ Die Sammlung enthielt zahlreiche klassische Werke der frühen Geologie. DeGolyer war bemüht gewesen, so viele Originalquellen wie möglich zu erwerben, die in Frank Dawson Adams Buch „The Birth and Development of the Geological Sciences“ aufgeführt waren. Von seinen fließenden Deutschkenntnissen wissend, empfahl Duane H. D. Roller, erster Professor für Wissenschaftsgeschichte an der University of Oklahoma, Alexander Ospovat, sich mit Werners „Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten“ zu befassen. Seine Magisterarbeit über dieses Werk aus dem Jahr 1958 ging deutlich über eine Übersetzung mit einem kritischen Kommentar hinaus. Sie enthielt Anhänge zu Themen wie Werners Vorstellungen über Kalkstein, Kohle und Vulkane sowie eine unvollständige Liste von Werners Schülern. 1960 folgte mit seiner Dissertation eine noch umfassendere Abhandlung über Werners Mineralogie und Geologie sowie über den Einfluss Werners auf die Geologie des 19. Jahrhunderts.⁵ Wichtig für die Forschungen zu seiner Dissertation war, dass er einen großen Teil der Wernermanuskripte der Bergakademie in Freiberg sichten und nutzen konnte. Er war der erste, der schließlich das Doktorandenprogramm in Wissenschaftsgeschichte an der University of Oklahoma absolvierte. Seine erste akademische Anstellung erhielt er 1960 an der University of North Dakota im Fach Geschichte. Zwei Jahre später wurde er Mitglied der Geschichtsfakultät der Oklahoma State University in Stillwater, wo er Wissenschafts- und Medizingeschichte sowie frühe moderne europäische Geschichte lehrte. 1973 erfolgte seine Ernennung zum Professor und er blieb bis zu seiner Pensionierung im Jahr 1988 an der Oklahoma State University tätig.

Die Werner-Forschung, die er als Doktorand begonnen hatte, blieb während seiner gesamten akademischen Laufbahn sein Hauptanliegen. Er hielt Werner für den bedeutendsten aller Geologen vor Charles Lyell – damit meinte er sicherlich zumindest, dass Werner zu

seiner Zeit einflussreicher war als jede andere Persönlichkeit der Geologie. Es ist jedoch keineswegs unwahrscheinlich, dass aus seiner Sicht Werner mehr für die Ausbildung der Geologie als Wissenschaft und deren Etablierung als eigenständige Disziplin getan hat, als irgendjemand anderes vor Lyell. Alexander Ospovat war sich darüber

Welt für eine rehabilitierende Neubewertung von Werners Platz in der Geschichte der Geologie. Von grundlegender Bedeutung für Alexander Ospovats historische Leistung war seine klare Darstellung von Werners Theorien. Ein weiterer Aspekt seiner Argumentation für die herausragende historische Rolle der Wernerschen Geologie war die zent-



Auch die Akademische Zeitung der Bergakademie Freiberg berichtete über die Verleihung der Ehrendoktorwürde (TUBAF/UAF)

im Klaren, dass eine solche Meinung in starkem Widerspruch zur historischen Verunglimpfung Werners stand. Diese war nicht nur in Lyells eigenen Darstellungen zur Geschichte der Geologie zu finden. Auch andere Abhandlungen, wie Archibald Geikies Werk „The Founders of Geology“ von 1897, setzten diese fort. Alexander Ospovat machte es sich zur Aufgabe, die oft wiederholte Behauptung zu widerlegen, Werner sei ein wissenschaftlicher Dogmatiker gewesen, der den Fortschritt der Geologie tatsächlich behindert habe. Er wollte Werner den ihm gebührenden historischen Platz zuweisen. In einer Reihe von Arbeiten wie in Aufsätzen zu Werners Werk untersuchte er Werner als geologischen Denker und Lehrer. Auf diese Weise zeichnete er dessen Bedeutung für die Entwicklung der Geologie im 18. und frühen 19. Jahrhundert nach. Indem Ospovat durch mehrfache Besuche zum Studium der Wernerschen Manuskriptensammlungen in der Bergakademie Freiberg einschlägige unveröffentlichte Materialien nutzte, war er die auffälligste Stimme in der englischsprachigen

rale Stellung der Freiburger Bergakademie bei der Heranbildung einer ganzen Generation von geologischen Beobachtern und Denkern, die Werners Lehren weltweit verbreiteten – diese dabei jedoch oft modifizierten oder manchmal auch ablehnten. Demzufolge interessierte sich Alexander Ospovat unter anderem auch für die Schüler Werners, die zu führenden Persönlichkeiten der deutschen Romantikbewegung wurden. Und er studierte wissenschaftliche Persönlichkeiten, deren Ansichten von den Wernerschen Methoden und Lehren beeinflusst waren, ohne dass sie sich in Freiberg aufgehalten hatten, wie zum Beispiel Humphry Davy und seine geologische Vorlesung. Angesichts seiner Verärgerung darüber, dass Werners Wirken in der angloamerikanischen Geologiegeschichte so allgemein abgetan wurde, überrascht es nicht, dass er in seiner Arbeit eine beträchtliche Skepsis gegenüber den überlieferten Darstellungen der Vergangenheit der Wissenschaft an den Tag legte. Er war daher stets darauf bedacht, seine Themen in ihren historischen Kontext zu stellen

und stand anachronistischen Urteilen kritisch gegenüber.

Alexander Ospovat reiste für seine Forschungen mehrfach in die DDR und entwickelte enge Beziehungen zu deutschen Institutionen und ihren Wissenschaftlern, darunter besonders zur Bergakademie Freiberg. Fast die Hälfte seiner Publikationen wurden auf Deutsch oder in Deutschland veröffentlicht. In Anerkennung seines Beitrags zur Geschichte der Geologie erhielt er 1987 von der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR die Abraham-Gottlob-Werner-Nadel in Silber. Mit Blick auf das 225. Gründungsjubiläum entschied sich der Wissenschaftliche Rat der Bergakademie Freiberg für eine besondere Auszeichnung für Alexander Ospovat: die Verleihung der Ehrendoktorwürde in Form eines „doctor philosophiae honoris causa“. Dies geschah auf Vorschlag von Professor Eberhard Wächtler, des Dekans der Fakultät für Gesellschaftswissenschaften. Dieser hielt auch am Tag der Verleihung, den 11. Juni 1990, im Senatssaal vor dem Rektor Professor Horst Gerhard und den geladenen Gästen die Laudatio auf den neuen Eh-

rendoktor. Ospovat erwarb auch weitere internationale Anerkennung. Er wurde 1970 in die Internationale Kommission für die Geschichte der geologischen Wissenschaften (INHIGEO) gewählt. Von 1971 bis 1972 verbrachte er ein Jahr als Fulbright-Forschungsstipendiat in Großbritannien. Zusätzlich zu seinen Forschungs- und Lehraufgaben an der Oklahoma State University beteiligte er sich aktiv an der Verwaltungsarbeit seiner Institution und war stark in die Arbeit von Campus-Ausschüssen und -Räten eingebunden. Darüber hinaus war er in verschiedenen Funktionen bei Berufs- und Fachgruppen tätig, insbesondere als Mitglied der Leitungsgremien der History of Science Society und der American Association of University Professors. Sein arbeitsreiches Leben endete am 21. Dezember 2010, als Alexander Meier Ospovat im Alter von 87 Jahren in Stillwater, Oklahoma, verstarb.

- 1 Der Aufsatz basiert weitestgehend auf den Angaben des publizierten Nachrufs von Kenneth L. Taylor: Alexander M. Ospovat, *Historian of Geology*, 1923-2010, in: *Earth Sciences History* (Vol. 30, Issue 2), S. 287-290.
- 2 Polangen, damals noch im zaristischen Russland gelegen, ist heute das litauische Palanga.

- 3 Seine Frau starb bereits 1993. Mit ihr hatte er zwei Söhne, die die Interessen und Begabungen des Vaters teilten. Der ältere Sohn Dov wurde ebenfalls Wissenschaftshistoriker und war ein angesehener Darwin-Forscher, der jedoch im Alter von 33 Jahren einem Krebsleiden erlag. Der jüngere Sohn Naaman, wie sein Vater ein Absolvent der University of Oklahoma, wurde Komponist von symphonischer und Kammermusik.
- 4 Everette Lee DeGolyer (1886-1956) war eine prominente Führungskraft in der US-Ölindustrie, Geophysiker in der Erdölexploration und Philanthrop. In den USA zählt er mit zu den Begründern der angewandten Geophysik in der Erdölindustrie bzw. als „Vater der amerikanischen Geophysik“. Zudem war er ein großer Sammler von seltenen und frühen Ausgaben von Büchern, vor allem aus den Bereichen Geologie, Wissenschaft, Eisenbahn, Recht sowie englischer und amerikanischer Literatur. Im Artikel von Martin Guntau ist dessen Name fälschlicherweise als DeGolger wiedergegeben, vgl. Martin Guntau: Alexander M. Ospovat (1923-2010). In: *ACAMONTA*, Zeitschrift für Freunde und Förderer der Technischen Universität Bergakademie Freiberg 18 (2011), S. 163.
- 5 Diese ist: University of Oklahoma, Ph. D. History of Science, „Abraham Gottlob Werner (1749-1817) and His Contribution to Geology and Mineralogy“.
- 6 Unter anderem zu Walther Schellhas (1897-1988), damals Direktor der Bibliothek der Bergakademie, die auch heute den Werner-Nachlass verwahrt.
- 7 Vgl. Universitätsarchiv Freiberg, Akte 9765/14 a-d Ehrenpromotionen.

Das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg - Teil 2

Zwischen der 200-Jahrfeier 1965 und dem Ende des Diplomstudiengangs Mineralogie 2005

Dieter Wolf, Bernd Voland, Wolfgang Kramer, Werner Pälchen¹

Von der III. Hochschulreform 1968 bis 1990

1968 traten die Bestimmungen der III. Hochschulreform der DDR in Kraft. Für alle Universitäten und Hochschulen der DDR wurden staatlicherseits erhebliche inhaltliche und strukturelle Umgestaltungen festgelegt. DÜPPE (2012) fasste die generellen Veränderungen wie folgt zusammen: „Das Studium sollte in die Abschnitte Grundlagenstudium, Fachstudium, Spezialstudium, Forschungsstudium gegliedert werden; die Forschung sollte auf der Grundlage der ‚Perspektivpläne‘ der naturwissenschaftlichen, technischen, landwirtschaftlichen, medizinischen und gesellschaftswissenschaftlichen Forschung gestaltet werden; es sollte bis 1980 eine neue Profilierung der Wissenschaft stattfinden; es sollten neue Leitungsstrukturen geschaffen werden, die interdisziplinären Beziehungen zwischen

den Wissenschaften durch die Beseitigung der Institutsstruktur erleichtert und die Organisationsform der ‚Fakultät‘ ganz beseitigt werden...“ Vor allem die Auflösung der Fakultäten „...kam einer radikalen Abkehr von der traditionellen Universität gleich. Wissenschaftliche Teilgebiete wurden nicht mehr in Fakultäten, sondern in Sektionen zusammengefasst ... Sektionen waren in Abteilungen, Kollektive oder Wissenschaftsbereiche geteilt ... Darüber hinaus kam es zu einer Trennung von Forschung und Lehre. Es wurde beschlossen, dass sich die Institute der Akademie der Wissenschaften auf die Forschung, und die Universitäten auf die Lehre konzentrieren sollten. Diese Trennung kam einem radikalen Bruch vor allem mit der Humboldt’schen Idee der Universität gleich, wurde aber nie vollständig durchgeführt.“

Von diesen Beschlüssen wurde eine effektivere Verbindung zwischen den

Hochschulen und der Wirtschaft erwartet. Zugleich wurde eine stärkere Zentralisierung des Wissenschaftsbetriebs angestrebt, und der Anteil der Studierenden gegenüber auszubildenden Facharbeitern wurde in den Planvorgaben gesenkt. Eher peripher ist die neue Promotionsordnung einzuordnen, die in Anlehnung an die Verhältnisse in der UdSSR eine Promotion A zum Doktor (Dr.) und eine Promotion B zum Doktor der Wissenschaften (Dr.sc.) mit veränderten praktischen Anforderungen vorsah.

Politischer Hintergrund, Ziele, Ablauf und Konsequenzen der III. Hochschulreform wurden, bezogen auf die Geowissenschaften an der Bergakademie Freiberg, von TRÖGER (2002) und STÖRR (2007) dargestellt und aus durchaus verschiedener Sicht bewertet.

Struktur, Leitung, Lehrkörper, Personalbestand

Die mit der III. Hochschulreform verbundenen strukturellen Veränderungen sind für das Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre wie folgt zu beschreiben: Das Institut wurde aufgelöst und aufgeteilt. Aus den beiden Lehrstühlen wurden die Arbeitsgruppen (AG) - 1973 in Wissenschaftsbereiche (WB) umbenannt - *AG/WB Mineralogie bzw. AG/WB Lagerstättenlehre und Ökonomische Geologie* gebildet. Sie wurden mit anderen geowissenschaftlichen AG ab 1969 zur *Sektion Geowissenschaften* zusammengefasst. Die Leitung der AG oblag zunächst wissenschaftlichen Mitarbeitern; erst 1973 ging sie wieder an Professoren über.

Die Laboratorien gingen organisatorisch in dem der Leitung der Sektion unterstellten *Bereich Technik I* auf, verblieben aber mit Ausnahme des Schleif-

lungen vereinigt. Alle Teilsammlungen verblieben physisch an ihrem Standort, die Bereichsleitung hatte ihren Sitz im Werner-Bau.

Eine anfängliche Absicht der Sektionsleitung bestand darin, wissenschaftliche Mitarbeiter anstelle der Professoren als Leiter der Arbeitsgruppen einzusetzen. Es darf vermutet werden, dass damit zumindest im Maßstab der Sektion Geowissenschaften eine wesentliche und nicht nur organisatorische Einschränkung der Befugnisse der bisherigen Institutsdirektoren und der Lehrstuhlinhaber erreicht werden sollte. Dieser Plan ließ sich nicht durchsetzen. Er scheiterte nach kurzer Zeit an den Schwierigkeiten, in der Praxis organisatorisch-administrative Weisungsbefugnisse von wissenschaftlicher Leitung und Verantwortung zu trennen sowie an der Loyalität der Mitarbeiter gegenüber den Professoren.

Der Personalbestand der drei aus dem

unbefristet. In den Laboratorien waren auf insgesamt 15 Planstellen Fachhochschul-Ingenieure und Laboranten und in den beiden WB 4 technische Kräfte (Sekretärinnen, Bibliothekarin) unbefristet angestellt. Die gegenüber dem aufgelösten Institut von vor der Hochschulreform geringere Anzahl von Planstellen ist im Wesentlichen mit der Ausgliederung von Werkstatt und Sammlungen durch die Sektionsbildung zu erklären. Den beiden WB standen zusammen mehr als zehn Stellen für Forschungsstudenten (Doktoranden) zur Verfügung.

Lehre und Lehrmittel

Zu den gravierenden Folgen der Hochschulreform gehörte die Abschaffung des Studiengangs Mineralogie an allen Hochschulen der DDR. Zwar blieb in Freiberg das mineralogische Lehr- und Forschungspotenzial im Gegensatz zu den übrigen Standorten im Wesentlichen

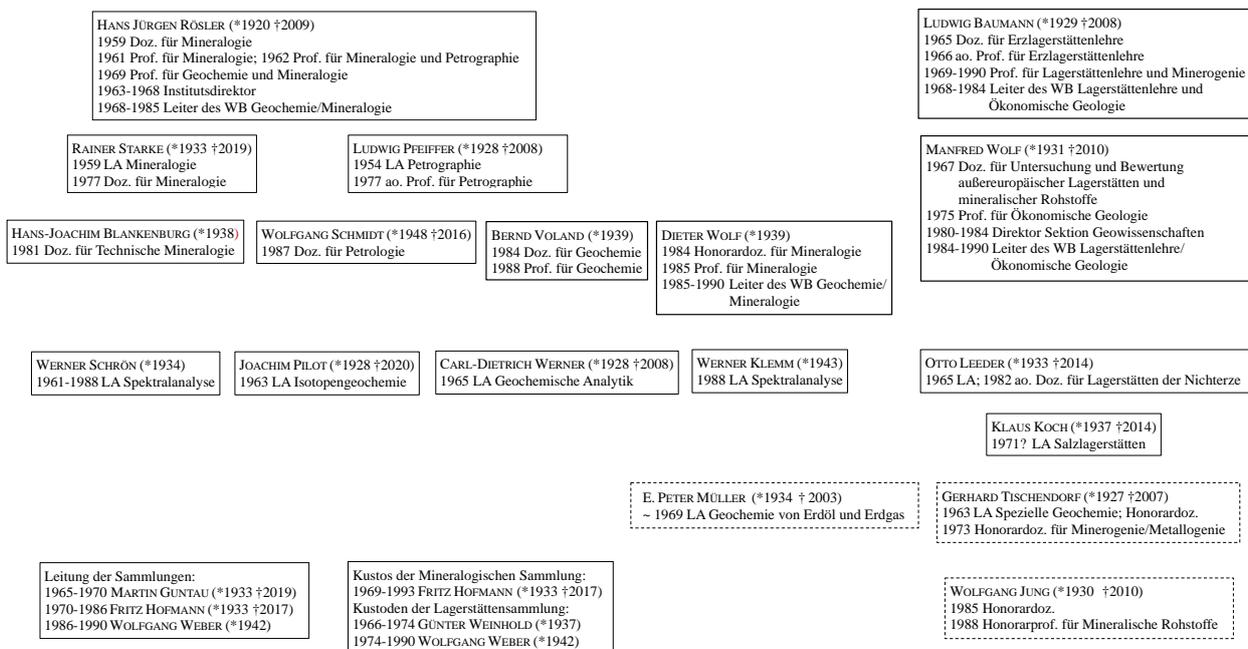


Abb. 1: Die im Zeitraum von 1965 bis 1990 am Institut bzw. in den Wissenschaftsbereichen tätigen Hochschullehrer (Professoren, Dozenten, außerplanmäßige Dozenten, Honorarprofessoren und -dozenten, Lehrbeauftragte) und Sammlungskustoden (Professorenstellen 1990 in stärkerem Rahmen; Externe in gestricheltem Rahmen). Quellen: Störr (2007); Wagenbreth & Pohl, Kaden, Volkmer (2012); Institutsakten.

labors an ihrem Standort im Werner-Bau und unter ihren bisherigen Laborleitern. Die Werkstatt musste aus dem Werner-Bau (Brennhausgasse 14) in den Otto-Meißner-Bau umziehen. Sie bildete dort mit anderen Werkstätten den *Bereich Technik II*. Analog wurde mit den Zeichnerereien verfahren. Auch die Sammlungen wurden ausgegliedert und mit den Sammlungen des Humboldt-Baus (Bernhardt-von-Cotta-Straße 2) zu einem den WB gleichgestellten *Bereich Samm-*

Institut hervorgegangenen WB Mineralogie/Geochemie, Lagerstättenlehre/Ökonomische Geologie und Sammlungen sowie der zwar ausgegliederten, aber inhaltlich unveränderten Laboratorien blieb durch die Hochschulreform unangetastet. Der Lehrkörper (Abb. 1) wurde dagegen deutlich vergrößert. Beide WB umfassten 1988 folgende Planstellen: 4 Professuren, 3 Dozenturen, 6 Oberassistenten, 15 Assistenten bzw. wissenschaftliche Mitarbeiter, davon ca. die Hälfte

erhalten. Die mit der Reform verbundene Einführung eines vierjährigen Grundstudiums Geowissenschaften (ohne eine Unterteilung in Fachrichtungen) mit der Möglichkeit eines anschließenden dreijährigen Forschungsstudiums für ausgewählte Studenten führte allerdings zu einer schmerzhaften Einengung des Lehr- und damit auch des Forschungsprofils. In diese Richtung hatte bereits in der Vorbereitungsphase der Reform die von der Staatlichen Geologischen Kom-

mission und der geologischen sowie der Bergbauindustrie durchgesetzte starke Fokussierung auf die Erkundungsgeologie gewiesen.

Von 1969 bis 1979 wurden demzufolge keine Studenten für Mineralogie immatrikuliert. In dieser Zeit erfolgte eine gewisse Spezialisierung und die dafür notwendige Aufteilung der Studenten auf die betreuenden WB erst in den letzten Semestern im Rahmen der Studien- (vormals Melde-) und Diplomarbeiten.

Außer den strukturellen Veränderungen und der damit verbundenen Einschränkung der persönlichen Arbeitsmöglichkeiten trug auch der zunehmend restriktive Umgang bezüglich der internationalen Verbindungen mit dem „nichtsozialistischen“ Ausland und insbesondere mit der Bundesrepublik Deutschland dazu bei, dass die Gesamtheit der Maßnahmen jener Jahre zu einem signifikanten Einbruch der mineralogischen Arbeitsrichtung an der Bergakademie Freiberg führte. Dieser wurde als aus der Höhe der bis dahin erreichten Leistungsfähigkeit erfolgend und als diskriminierend insbesondere für den Hochschullehrer H. J. RÖSLER wahrgenommen.

Es ist bemerkenswert, wie trotz der skizzierten Rahmenbedingungen nach Auslaufen des Studiengangs Mineralogie und nach Wegfall der organisatorischen Verantwortung für die ausgegliederten Bereiche im Laufe der 1970er Jahre die neu zu gestaltenden Spielräume im ehemaligen Institut genutzt wurden. So entstand auf Initiative von H. J. RÖSLER und H.-J. BLANKENBURG sowie in Zusammenarbeit mit Hochschullehrern und Mitarbeitern anderer WB und Sektionen ein postgradualer Studiengang „Bewertung fester mineralischer Rohstoffe“. Ziele und Inhalte des Programms sind ausführlich von LEEDER & BLANKENBURG (2011) dargestellt worden. Bestandteil dieses Programms war das „Freiberger Rohstoffkolloquium“, das sich als mehrtägige Veranstaltung mit der Untersuchung, Bewertung, Gewinnung und Nutzung jeweils eines Industrieminerals bzw. Rohstoffs befasste und von 1969 bis 1988 neunmal stattfand.

Für das postgraduale Studium und die Rohstoffkolloquien wurde ein sehr umfangreiches, spezifisches Lehrwerk geschaffen. Zwischen 1971 und 1988 erschienen in der Schriftenreihe „Nutzbare Gesteine und Industriemineralien“ elf Monografien. In ihnen wurden Mineralogie, Lagerstätten, industrielle Nutzung

und Ökonomie folgender Minerale und Gesteine behandelt: Glimmer, Asbest, Quarz, Natursteine, Fluorit, Diamant, Karbonat- und Sulfatgesteine, Ökonomie mineralischer Rohstoffe, Kiese und Sande, Achat, Schmuck- und Edelsteine. Organisation und inhaltliche Gestaltung des Gesamtprogramms lagen maßgeblich in den Händen von BLANKENBURG. Er entwickelte damit auch die Technische Mineralogie zu einer wichtigen Komponente von Lehre und Forschung im Werner-Bau.

In jenen Jahren entstand in Autorenschaft von Wissenschaftlern beider WB eine Reihe von Lehrbüchern zur Metallogenie und Minerogenie (BAUMANN & TISCHENDORF 1976), Mineralogie (RÖSLER 1979), Geologie und Erkundung von Lagerstätten fester mineralischer Rohstoffe (BAUMANN, NIKOL'SKIJ & M. WOLF 1979), Petrologie (PFEIFFER, KURZE & MATHÉ 1981), zu Einschlüssen in Mineralen (LEEDER, THOMAS & KLEMM 1987), zur Polarisationsmikroskopie (LEEDER & BLANKENBURG 1989) und zur Auflichtmikroskopie (BAUMANN & LEEDER 1991).

Da die politisch erwarteten positiven Effekte der Hochschulreform für die geowissenschaftliche Praxis ausblieben, wurde das Vierjahresstudium (Tab. 2 im Tabellenanhang unter <https://tu-freiberg.de/vff>) ab 1975 wieder in ein Fünfjahresstudium umgewandelt. Der Studiengang Mineralogie konnte allerdings erst 1980 und nur an der Bergakademie wieder eröffnet werden. Die Zahl der jährlich immatrikulierten Studenten lag von da an bis 1990 zwischen 10 und 18 (TRÖGER 2002).

Nach einer Periode mit Übergangs- und Anpassungsstudienplänen war die Struktur des Studiengangs Geowissenschaften ab 1980 dreigeteilt – in Grund- (1. und 2. Studienjahr), Fach- (3. und 4. Studienjahr) und Spezialstudium (5. Studienjahr). Das Studium wurde an der Bergakademie Freiberg auch nach der III. Hochschulreform akribisch genau mittels Stundenplänen organisiert.

Den entsprechenden Stundenplan des gemeinsamen Grundstudiums Geowissenschaften zeigt Tab. 3.1, das vom WB Mineralogie getragene Fach- und Spezialstudium Tab. 3.2. Die Gesamtzahl der Semesterwochenstunden (SWS) betrug für die ersten vier Semester (Grundstudium Geowissenschaften) 120, davon

entfielen 34 auf Gesellschaftswissenschaften, Sprachen und Sport. Von dem verbleibenden Stundenvolumen galten ungefähr 55 % mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen (ohne analytische Chemie), 20 % den Grundlagen von Geologie und Geophysik, 20 % der Mineralogie, Geochemie, Lagerstättenlehre und Petrologie, nur 5 % den mineralogisch-geochemischen Methoden inklusive der analytischen Chemie und 7 % technischen Fächern.

Von insgesamt 125 SWS für das Fachstudium (5. bis 8. Semester) blieben nach Abzug der SWS für Gesellschaftswissenschaften 117 SWS. Davon entfielen ungefähr 50% auf Analytik und Methoden, 20% auf Mineralogie, Geochemie und Petrologie, 15 % auf Lagerstättenlehre und Erkundung, 2% auf Geologie und Geophysik, 3 % auf technische Fächer und 7 % auf die Vertiefung mathematisch-naturwissenschaftlicher Fächer. Das Spezialstudium im 9. Semester bestand aus nur 19 SWS, von denen 6 einer von zwei Spezialrichtungen (entweder „Analytische, experimentelle und Erkundungsgeochemie“ oder „Lagerstättenuntersuchung und Rohstoffbewertung“) gewidmet waren.

Die Studienpläne lassen im Gegensatz zu der von der Hochschulreform ursprünglich angestrebten Generalisierung der Ausbildung eine noch stärkere und frühere Spezialisierung als vormals im Studiengang Mineralogie erkennen. So forderte der bereits im Grundstudium fixierte Zusatz (Tab. 3.1 unten) von den Studenten de facto bereits nach dem 2. Semester, sich für eine der Studienrichtungen Geologie/Erkundungsgeologie oder Geochemie/Mineralogie zu entscheiden. Für letztere lag die Zahl der Studenten von 1980 bis 1990 zwischen 10 und 18 (TRÖGER 2002).

Die Laboratorien

Röntgenphasenanalytik. Die geräte-technischen Fortschritte des von R. STARKE geleiteten Röntgenlabors widerspiegeln sich im betrachteten Zeitraum vor allem in der Erweiterung des Geräteparks durch ein Diffraktometer HZG3 Ende der 1970er Jahre und sein Nachfolgemodell HZG4 im Jahr 1984. Als sehr vorteilhaft erwiesen sich dabei die guten Beziehungen zum VEB Freiberger Präzisionsmechanik, dem Hersteller der Diffraktometer.

In den 1970er Jahren war die Ausrüstung des Labors durch eine im Eigenbau

entstandene DTG-Apparatur und später durch den Kauf eines Q-Derivatografen erweitert worden.

In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre, ab 1987 unter Leitung von REINHARD KLEEBERG, erfolgte die Umrüstung der Geräte auf Computersteuerung und die digitale Interferenzregistrierung mit Rechnerauswertung. 1990 übernahm das Labor ein Diffraktometer URD6 vom aufgelösten Institut für Mineralische Rohstoffe und Lagerstättenwirtschaft in Dresden.

Die auf diesem Wege entstandene Gerätebasis für die quantitative Phasenanalyse wurde ergänzt durch die Entwicklung spezifischer Präparations- und Messmethoden sowie die Herstellung von Referenzproben für Ringversuche. Letztere waren neben dem regelmäßigen methodischen Erfahrungsaustausch Gegenstand der von R. STARKE organisierten und bis 1990 tätigen Arbeitsgruppe „Tonminerale und Phasenanalyse“ der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften. An ihr beteiligten sich mehrere einschlägige Labors anderer Universitäten, der Akademie der Wissenschaften und der Industrie.

Isotopengeochemie. Im Isotopengeochemischen Labor waren mit dem 1968 in Betrieb genommenen Kleinmassenspektrometer MAT GD 150 außer einer Verbesserung der K-Ar-Datierung auch He-Gehalts- und Ne- und Ar-Isotopenanalysen möglich geworden und wurden zur Untersuchung von Bodenproben sowie von Erdgasen im Rahmen der Erdöl/Erdgas-Forschungsprojekte eingesetzt. J. PILOT führte unter Nutzung der Bestrahlungsmöglichkeiten im Zentralinstitut für Kernforschung in Rossendorf die Ar-Ar-Datierung ein. Auf dem Gebiet der stabilen Isotope stand die Schwefelisotopie im Vordergrund. Mit dem Aufbau einer Fluorierungsapparatur Anfang der 70er Jahre (PETER NESTLER) begannen die langjährigen isotopenanalytischen Untersuchungen an Silikaten und anderen schwer aufschließbaren Mineralen. Nach dem Ausbau von Reinräumen für die Geochronologie und der Anschaffung eines Feststoffmassenspektrometers TH5 sowie eines neuen Gasmassenspektrometers CH7 in den Jahren 1973/74 konnte an die Einführung der Rb/Sr-Methode sowie fünf Jahre später der Pb/Pb-Methode gegangen und damit ein dringend notwendiger Modernisierungsschritt getan werden. Seitdem nahmen Zirkonda-

tierungen – zunächst an Zirkonpopulationen, später an Einzelzirkonen – einen wesentlichen Platz in den Forschungsarbeiten des Labors ein.

In den 1980er Jahren hatte das Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung (ZfI) der *Akademie der Wissenschaften in Leipzig* begonnen, sich die Isotopengeochemie und Altersbestimmung als Teilbereich seines Forschungsprofils zu erschließen (KLAUS WETZEL, HANS GERSTENBERGER u.a.). Dabei kam ihm zugute, dass die Akademie der Wissenschaften durch ihre direkte Anbindung an den Ministerrat der DDR für ihre Geräteausstattung wesentlich günstigere Finanzierungs- und Importmöglichkeiten hatte als die Universitäten und Hochschulen. Außerdem war die bevorzugte staatliche Förderung der Grundlagenforschung an den Instituten der AdW nach dem Vorbild der sowjetischen Akademie der Wissenschaften ein strategisches Ziel der III. Hochschulreform. Daraus ergaben sich für die Beziehungen zwischen dem ZfI und dem Freiburger WB Mineralogie/Geochemie ambivalente Verhältnisse: Einerseits wurde durch die Kooperation das Potenzial isotopengeochemischer Forschung insgesamt erhöht, andererseits war aber klar, dass Freiberg in der Konkurrenz um die auf diesem Gebiet unumgänglichen Geräteimporte das Nachsehen haben würde. Höchstwahrscheinlich trug diese Konstellation beträchtlich dazu bei, dass die mehr als 10 Jahre nach den letzten Geräteinvestitionen eingeleiteten Bemühungen um Ersatzbeschaffungen lange Zeit erfolglos blieben. Erst 1990, nur wenige Wochen vor der Währungsunion, gelang durch die zähen Bemühungen von J. PILOT und seine langjährige Zusammenarbeit mit den Geräteherstellern auf nahezu wundersame Weise der angestrebte Import von zwei neuen Massenspektrometern (Feststoffmassenspektrometer MAT 262 sowie Gasmassenspektrometer Delta E), mit denen das Labor auch nach dem Systemwechsel leistungsstark und konkurrenzfähig blieb.

Chemisches Labor. Die Entwicklung dieses Labors ist in diesem Zeitraum durch die Schaffung der instrumentellen Basis für Verfahren der Flammenatomabsorption sowie die Nutzungsmöglichkeit der Röntgenfluoreszenzanalyse im Institut für analytische Chemie der Bergakademie für die Serienanalytik des Instituts gekennzeichnet.

Die Entwicklung und Anwendung

einer Methodik für die Analyse der Lösungs- und Gasbestandteile in Gas-Flüchtigkeits-Einschlüssen kleiner Probenmengen hydrothermalen Minerale (Quarz, Fluorit, Baryt, Calcit, Kassiterit, Galenit, Sphalerit) war ein Schwerpunkt der Arbeiten.

Spektrallabor. In der Spektralanalyse dominierte für viele Jahre die Atomemissionsspektralanalyse (AES) mit Bogenanregung, für die vor allem ZEISS-Quarz- und Plangitterspektrografen zur Verfügung standen. Ab Mitte der 1970er Jahre wurde schrittweise – ebenfalls mit ZEISS-Geräten – die Atomabsorptionsspektralanalyse (AAS) mit Flammenanregung eingeführt und in den 1980er Jahren durch flammenlose Techniken (Graphitrohr- und Hydridtechnik mit Importgerät) erweitert. Im selben Zeitraum schuf PETER BEUGE mit der Entwicklung der AAS-Kaltdampftechnik in Kombination mit dem Zweikanalspektrometer Spektrolecteur die apparative Basis für systematische Untersuchungen zur Geochemie des Quecksilbers.

Anfang der 1970er Jahre begann W. SCHRÖN methodische Arbeiten zur lokalen Spurenelementanalyse mit den von CARL ZEISS Jena hergestellten Laser-Mikroanalysatoren (LMA-1 und LMA-10). Diese Technik konnte sich jedoch nicht gegen die bereits seit 1958 auf dem Weltmarkt kommerziell angebotene, aber für das Institut unerreichbare Elektronenstrahlmikrosonde behaupten. So blieb die lokale Elementanalytik für mehr als zwei Jahrzehnte eine spürbare Schwachstelle im Methodenrepertoire, an der die eingeschränkten Mitnutzungsmöglichkeiten von Mikrosonden am Institut für Metallkunde der Bergakademie und später am Institut für Geowissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald kaum etwas ändern konnten. Ähnlich kompliziert gestaltete sich die Mitnutzung des RFA-Geräts VRA 20 (VEB Präzisionsmechanik Freiberg) im Bereich Analytische Chemie der Sektion Chemie.

Ende der 1970er Jahre wurde in Zusammenarbeit mit dem Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) der Akademie der Wissenschaften in Rossendorf die instrumentelle Neutronenaktivierungsanalytik (INAA) für die Geochemie erschlossen. Damit wurden Multielementuntersuchungen in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen möglich, auf die bis zu diesem Zeitpunkt verzichtet werden musste. Auch die Untersuchung der Ver-

teilungsmuster von Seltenen Erden wurde durch die INAA wesentlich beflügelt.

Mitte der 1980er Jahre begann der Übergang von der fotografischen Signalregistrierung zur elektronischen und computergesteuerten Auswertung. Wie in anderen Laborbereichen waren für derartige Modernisierungsschritte kaum kommerziell erhältliche oder gar Importgeräte verfügbar, sondern sie wurden meist durch Eigenentwicklungen realisiert (WERNER SCHRÖN, GEORG KAISER, KLAUS BOMBACH). So wurde z. B. der erforderliche PC auf halblegalem Wege über den Gebrauchtwarenankauf „organisiert“.

Nach dem Wechsel von W. SCHRÖN an die Universität Jena im Jahr 1988 wurden Spektrollabor und Chemisches Labor zusammengelegt und standen seitdem als Geochemisches Labor unter der Leitung von W. KLEMM.

Forschung

Die einschneidenden Folgen der mit der III. Hochschulreform geforderten verstärkten Bindung der Grundlagenforschung „an die Praxis“, das heißt an die Industrieministerien bzw. an die ihren nachgeordneten Institute und Betriebe, sind von STÖRR (2007) ausführlich beschrieben worden. Danach waren 1988 mehr als 40 % der geowissenschaftlichen Forschungskapazität der Bergakademie an die Ministerien für Geologie (ca. 30 %), für Erzbergbau, Metallurgie und Kali, für Kohle und Energie sowie für Glas und Keramik gebunden. Zusammen mit den teilweise abrupten Änderungen der volkswirtschaftlichen Schwerpunkte durch sich ändernde wirtschaftspolitische Vorgaben des Staates konnte diese Abhängigkeit der Entwicklung einer breiten Grundlagenforschung nicht zuträglich sein. Hinzu kommt, dass sogar in der DDR produzierte Forschungsgeräte oft erst nach langen Bemühungen beschafft werden konnten. Die meist großzügige finanzielle Ausstattung der Forschungsverträge zwischen der Sektion Geowissenschaften und der Industrie ließ sich deshalb kaum in gerätetechnische Modernisierungen umsetzen. Die entstehenden Lücken im Gesamtprofil und die technischen Rückstände im internationalen Vergleich erwiesen sich in den der Hochschulreform folgenden zwei Jahrzehnten immer deutlicher als irreparabel. Im Rückblick ist es nahezu erstaunlich, dass dennoch durch Eigenbau, Improvisation und Kooperationsbe-

reitschaft über institutionelle Grenzen hinweg traditionell gewachsene Forschungslinien erhalten und neue entwickelt werden konnten. Insbesondere auf diese wird im Folgenden eingegangen.

WB Mineralogie/Geochemie

Mineralogie i. e. S. Auf diesem Gebiet wurde die Untersuchung von Tonmineralen und Tonen intensiv fortgesetzt. 1969 hatte R. STARKE seine Forschungsarbeiten zur „Verteilung und Faziesabhängigkeit der Tonminerale in den geologischen Systemen“ mit der Habilitation abgeschlossen. Die Arbeiten zur Tonmineralanalytik und -genese waren ein wichtiger Bestandteil der Kooperation der Freiburger Mineralogie mit dem Industriezweig Erdöl-Erdgas, insbesondere mit dessen Forschungsinstitut in Gommern, sowie mit der Braunkohlenindustrie (HANS-JOACHIM BELLMANN): Sie ließen sich in entsprechende industriegebundene Projekte relativ unproblematisch einpassen. Die weitere Entwicklung, Erprobung und Anwendung der spezifischen Methoden der Tonmineralbestimmung und der entsprechenden quantitativen Röntgenphasenanalytik konzentrierten sich sowohl auf die Erfordernisse der Charakterisierung von Tonen und Tonmineralen als Rohstoffe und geotechnisches Material als auch auf die Erforschung ihrer Bildungsbedingungen (GÜNTER LASCH, RAINER STARKE, KLAUS KOCH). Dem zuletzt genannten Problemkreis galten auch die in den späten 1960er Jahren unter Leitung von R. STARKE begonnenen hydrothermalen Untersuchungen zur Tonmineralbildung und -diagenese (WOLFGANG SEIFERT, PAUL BLANK, HARRY BEYRICH). Die schwierigen technischen Voraussetzungen (Materialbeschaffung für Autoklaven, Mess- und Regeltechnik, räumliche und Sicherheitsbedingungen) führten dazu, dass diese Arbeitsrichtung Ende der 1980er Jahre nach den Arbeiten von R. KLEEBERG zur Talksynthese aus Nebenprodukten der Kaliindustrie ($MgCl_2$ -Laugen) und der Halbleiterindustrie (SiO_2 bzw. Silizium-Pulver) eingestellt wurde. Die kontinuierlichen, stets sowohl methodisch als auch anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Tonmineral- und Röntgenphasenanalyse blieben auch unter der Laborleitung von R. KLEEBERG seit 1987 Schwerpunkt und bildeten die Grundlage für ihre bis in die Gegenwart herausragende internationale Anerkennung.

Zu H. J. RÖSLERs vielseitigem mineralogischen Forschungsspektrum gehörten in den 1970er und 1980er Jahren auch Untersuchungen zur Genese und Umwandlung von Kalisalzen (KLAUS KOCH, JOCHEN VOGEL, THOMAS WENZEL), zu den Beziehungen zwischen Morphologie und industriellem Einsatz von Diamant (WOLFGANG SCHMIDT & HEINZ MALZAHN) und zur Mineralogie und Geochemie von Kassiterit (DIETER WOLF & ELOY ESPOZO, GISELA BINDE). Eine außergewöhnliche Episode war Mitte der 1970er Jahre die Einbeziehung des WB in die mineralogisch-petrochemischen Untersuchungen lunarer Materie von den sowjetischen Mondsonden Luna-16 und Luna-20 (PETER BEUGE, ROLF HAHNE, WOLFGANG KRAMER).

In der Nachfolge von H. J. RÖSLER war DIETER WOLF ab 1985 bestrebt, das mineralogische Forschungsprofil des WB durch die Anwendung ausgewählter festkörperspektroskopischer Methoden (Lumineszenzspektroskopie, Ramanspektroskopie, IR- und EPR-Spektroskopie) auf die Untersuchung genesekritischer („typomorpher“) Mineraleigenschaften zu erweitern. Dieses Fachgebiet galt es auch in der Lehre zu verankern. Ende der 1980er Jahre wurde es möglich, durch Studienaufenthalte die Erfahrungen und die experimentelle Ausstattung von auf diesem Gebiet renommierten Wissenschaftlern in Moskau, Leningrad und Kiew zu nutzen. Die Zusammenarbeit und die Ergebnisse der ersten Jahre bewährten sich als tragfähige Grundlage für die Fortführung dieser neuen Arbeitsrichtungen durch ULF KEMPE, MICHAEL PLÖTZE, LUTZ NASDALA, MICHAEL TRINKLER, JENS UHLIG, SASCHA GOLDSTEIN und andere nach 1990 und teilweise bis in die Gegenwart. Schwerpunkte waren dabei Minerale aus Sn- und W-Lagerstätten (Scheelit, Wolframit, Fluorit, Quarz, Glimmer u. a.) des Erzgebirges, des mongolischen Altai und Kasachstans. Seit den Ende der 1980er Jahre von THOMAS WENZEL begonnenen morphologischen und strukturellen Untersuchungen akzessorischen Zirkons stand auch dieses Mineral, insbesondere wegen seiner eminenten Bedeutung für die Geochronologie, im Zentrum der Forschung.

Technische Mineralogie. H. J. RÖSLER hatte auch nach der Auflösung der Fachrichtung Mineralogie als Studiengang nicht aufgehört, die Bedeutung mineralogisch-geochemischer Methoden und

Erkenntnisse für die Stoffwirtschaft zu propagieren. Er erreichte dabei zusammen mit H.-J. BLANKENBURG die feste Etablierung der Technischen Mineralogie als Teildisziplin der Mineralogie in Lehre und Forschung. In der Forschung lagen die Schwerpunkte auf der komplexen Charakterisierung von Quarzrohstoffen und dem weit verbreiteten Auftreten des Quarzes in sehr verschiedenen Mineralassoziationen und Lagerstätten (HANS-JOACHIM BLANKENBURG, JENS GÖTZE, MICHAEL FRUTH u. a.). Diese Thematik war auch Gegenstand von H.-J. BLANKENBURGs Habilitation im Jahr 1980. Zu seinem Forschungsprofil gehörte außerdem die Untersuchung der anorganischen Bestandteile von Braunkohlen sowie von Schlacken und Aschen.

Geochemie. Bereits Ende der 1950er Jahre hatte sich H. J. RÖSLER für den Einsatz geochemischer Methoden bei der Exploration von Lagerstätten eingesetzt. Er setzte sein Engagement für diese Arbeitsrichtung der Geochemie bis in die 1980er Jahre fort. Neben methodischen Forschungen zur Schlichprospektion (ABELARDO VILLALPANDO, VUM SON, PETER OSSENKOPF) gehörten dazu die Untersuchungen von KLAUS-PETER DAHM an primären geochemischen Anomalien erzgebirgischer Zinnlagerstätten und von FUNG DAI KING, BERND VOLAND, HANS-JÜRGEN PAECH und WOLFGANG SCHMIDT zur geochemischen Spezialisierung und Petrochemie mosambikanischer Granite.

Wegen des Auftretens von Quecksilber in den Erdgaslagerstätten der Altmark wurde Ende der 1960er Jahre die Geochemie dieses Elements zu einem zentralen Forschungsthema des WB Mineralogie/Geochemie. P. BEUGE widmete sich dieser Aufgabe mit größter Intensität - von der Entwicklung der komplizierten Analytik (AAS-Kaltdampftechnik + Spectrolecteur mit der unter DDR-Verhältnissen sehr schwierigen Beschaffung des erforderlichen Goldes) bis hin zur praktischen Anwendung beim Nachweis des Quecksilbers, u. a. in der Bodenluft über tektonischen Störungen im Rahmen der Erdgasexploration. Bis in die 1980er Jahre bezog er in zunehmendem Maße auch Gesteine und einzelne Minerale in seine Untersuchungen ein.

In den 1970er Jahren standen auch andere mobile Elemente wie Fluor (HELGA SCHULZE), Stickstoff (BERND ADAMSKI) und die Edelgase (KARIN MAYER)

im Mittelpunkt der geochemischen Forschungen des WB.

Mitte der 1980er Jahre erfolgte eine intensive Untersuchung von Kupferschieferprofilen der Sangerhäuser Mulde durch JÖRG HAMMER. Neben der im Hause verfügbaren Element- und Pb-Isotopenanalytik trugen Neutronenaktivierungsanalyse (SIEGFRIED NIESE und Mitarbeiter, Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf), IR-spektroskopische und chromatografische Verfahren zur bemerkenswerten methodischen Komplexität dieser Arbeit bei, die insbesondere der Klärung der Bindungsverhältnisse ausgewählter Spurenelemente im Kupferschiefer galt.

Nachdem in den frühen 1960er Jahren am ZGI Berlin begonnen worden war, Standardgesteinsproben als Referenz- und Kontrollmaterialien für die chemische und geochemische Analytik zu schaffen, beteiligten sich bereits in der Mitte jener Dekade die Laboratorien des Instituts aktiv an der Bearbeitung und Entwicklung derartiger Standardproben. In der DDR gingen aus diesen Arbeiten insgesamt 12 Gesteins-Standardproben hervor. Da sich das Vorhaben als Projekt des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW, COMECON) etablierte, hatten bis 1989 sieben RGW-Mitgliedsländer insgesamt 45 attestierte Standardproben verschiedener Gesteine erstellt. Auf Initiative von H. J. RÖSLER wurden in den 1970er Jahren auch Standardproben der Minerale Galenit, Sphalerit, Pyrit, Kassiterit sowie zweier Braunkohlenaschen hergestellt und durch Ringanalysen attestiert. Die Leitung dieser Arbeiten oblag W. SCHRÖN.

Umweltgeochemie. H. J. RÖSLER hatte bereits Mitte der 1960er Jahre erste Untersuchungen zur Spurenelementverunreinigung von Böden durch Hüttenrauch im Freiburger Raum veranlasst, deren Veröffentlichung zunächst noch geduldet wurde (RÖSLER, BEUGE & MÜLLER 1969). In den 1970er Jahren fand sich mit der „Interdisziplinären Arbeitsgruppe Spurenelemente (IAGS)“ eine sehr erfolgreiche Form, die umweltgeochemische Forschung zu intensivieren und ihr Spektrum wesentlich zu erweitern. Diese Gruppe namhafter Wissenschaftler aus den Forschungsfeldern und -institutionen der Bodenkunde, der Pflanzen-, Tier- und der menschlichen Ernährung, der Medizin, der Hygiene und der Wasserwirtschaft untersuchte die Spurenelementverteilung im

biologisch-geochemischen Kreislauf von unterschiedlich belasteten Gebieten der DDR. Ihre Ergebnisse publizierte die Gruppe von 1976 bis 1982 vorwiegend in Form von Tagungsbänden der meist unter Leitung von MANFRED ANKE (Friedrich-Schiller-Universität Jena) durchgeführten Spurenelementsymposien. Der erste zusammenfassende Bericht „Über das Verhalten der Schwermetalle im biogeochemischen Kreislauf, dargestellt am Belastungsgebiet Freiberg und dem Vergleichsgebiet Pasewalk“ wurde 1982 staatlicherseits eingezogen. Erst Jahre später konnten die Ergebnisse ohne genaue Ortsangaben Bestandteil des Buches „Spurenelemente in der Umwelt“ werden (FIEDLER & RÖSLER 1987). Das Buch erlebte 1988 eine Lizenzausgabe beim Ferdinand Enke Verlag Stuttgart und eine zweite Auflage 1993 beim Gustav Fischer Verlag Jena/Stuttgart.

Trotz der Reglementierungen jener Zeit waren umweltgeochemisch orientierte Fragestellungen nach dem Einfluss menschlicher Tätigkeit auf die geochemische Entwicklung von Geosphäre, Pedosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre, die Verteilung und die Verfügbarkeit der Elemente in der Nahrungskette sowie die Unterscheidung anthropogener und geogener Anomalien weiterhin wichtige Forschungsschwerpunkte des WB. Sie blieben es auch nach H. J. RÖSLER unter BERND VOLAND – zunächst Dozent und seit 1988 Professor für Geochemie. Die Arbeiten seiner ersten Doktoranden galten der geochemischen Kartierung und Regionalisierung anthropogen veränderter Böden und Landschaften (INES METZNER, UWE SCHLENKER). Die dabei erzielten Ergebnisse und methodischen Erfahrungen erleichterten nach dem Systemwechsel 1990 den schnellen Einstieg in einschlägige nationale und internationale Großprojekte. Eine detaillierte Darstellung dieser Entwicklung sowie eine lückenlose Bibliografie gibt VOLAND (2011).

Petrografie/Petrologie. Die Petrologie, insbesondere die Magmatitpetrologie, wurde „traditionsgemäß“ ebenfalls vom WB Mineralogie/Geochemie vertreten, während die Sedimentpetrographie dem WB Geologie zugeordnet war. Jedoch ist festzustellen, dass die Petrologie in jenen Jahren in der Lehre nur noch einen marginalen Platz innehatte. Zeitweilig wurde nur eine Einführung gelesen, und es unterblieben die Prüfungen. Das Schicksal dieses Fachs ist insofern eine Folge

der speziell in den 1970er Jahren zu beobachtenden einseitigen Konzentration auf eine unmittelbar rohstoffbezogene Ausbildung mit dem Schwerpunkt der Erkundung auf Braunkohle sowie Erdöl/Erdgas. Bereits 1968 war H. J. RÖSLER vom Professor mit vollem Lehrauftrag für *Mineralogie und Petrographie* zum ordentlichen Professor für *Mineralogie und Geochemie* umberufen worden. 1977 wurde LUDWIG PFEIFFER zum a.o. Professor für Petrographie ernannt. Erst 1987 erfolgte die Einrichtung einer Dozentur für Petrologie, die WOLFGANG SCHMIDT innehatte.

In der petrologischen Forschung verhinderte H. J. RÖSLER die einseitige Konzentration auf industriegebundene Themen. So wurden die Untersuchungen basischer Magmatite kontinuierlich fortgesetzt (KLAUS FANDRICH, WOLFGANG KRAMER, DIETER MUCKE, CARL-DIETRICH WERNER). Eine wichtige Rolle spielte dabei ab Ende der 1970er Jahre die Kooperation mit dem 1969 gegründeten Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) der Akademie der Wissenschaften der DDR. Hierzu stellte KAUTZLEBEN (2007) fest: „Die Akademie war aber bereits stark genug geworden und verfügte über tragfähige internationale Verbindungen ..., um sich in einer Kooperationsvereinbarung das Recht zu sichern, über die Produktionsunterstützung hinaus spezielle Forschungen auf dem Gebiet der Geowissenschaften nach eigenen Vorstellungen zu betreiben“. Der WB Mineralogie/Geochemie machte sich diese Entwicklung zunutze, indem er sich an der multilateralen Zusammenarbeit der Akademien der Wissenschaften der sozialistischen Länder und somit an der Grundlagenforschung zu internationalen Schwerpunktthemen, insbesondere im Rahmen der Problemkommission IX „Geosynklinalprozesse und Entwicklung der Erdkruste“ beteiligte. Gemeinsam mit dem Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) der AdW in Rossendorf und verschiedenen Instituten der AdW der UdSSR entstanden Untersuchungen zur Geochemie und Petrologie des Paläovulkanismus unter Berücksichtigung aktualistischer Vergleiche mit ozeanischen Basalten und zur Charakterisierung von Xenolith-Peridotiten (C.-D. WERNER, W. KRAMER).

Mittels petrochemischer Parameter, Altersbestimmungen und Isotopendaten wurde die Artenvielfalt der an das Eger-Rift gebundenen oligozänen Vulkanite

im südlichen Sachsen interpretiert (L. PFEIFFER, J. PILOT u. a.). Ebenfalls anhand überwiegend geochemischer Daten kennzeichnete WERNER das breite Typenspektrum der Edukte von Metabasiten des Ruhlaer Kristallins und des Sächsischen Granulitgebirges. Den Versuchen mineralogisch-geochemischer Eduktanalyse sind auch die Untersuchungen von Gabbros und Diabasen des Granulitgebirges durch CAROLA WIRTH zuzuordnen. Die isotopengeochemische Analytik leistete durch $\delta^{18}\text{O}$ -, $\delta^{13}\text{C}$ - und Rb-Sr-Untersuchungen (G. ASTL, D. HARZER, B. NEBEL, P. NESTLER, J. PILOT u.a.) sowie K-Ar-Datierungen (G. KAISER, J. PILOT u.a.) wesentliche und z.T. richtungweisende Beiträge zu zahlreichen der vorgenannten Forschungsarbeiten. Zur Modernität der Ergebnisse trug außerdem die Analytik von am Institut seinerzeit noch nicht zugänglichen seltenen Elementen in Kooperation mit dem ZfK Rossendorf der AdW bei (S. NIESE und Mitarbeiter).

Einen weiteren Schwerpunkt der petrologischen Forschung stellten Ende der 80er Jahre die Hochdruckmetamorphose und die eklogitischen Gesteine des Erzgebirges dar (W. SCHMIDT, E. SCHMÄDICKE, C.-D. WERNER).

WB Lagerstättenlehre/Ökonomische Geologie

Im „WB LÖG“ (L. BAUMANN, M. WOLF, O. LEEDER) gewann, wie bereits zuvor in der geologischen Industrie, neben den Untersuchungen einzelner Lagerstätten bzw. Lagerstättentypen die metallogenetische Sichtweise zunehmend Raum. L. BAUMANN erweiterte den Begriff Metallogenie zur Minerogenie und verfasste das bereits genannte Lehrbuch. Bis Ende der 1980er Jahre belegen zahlreiche Arbeiten von L. BAUMANN, O. LEEDER, C. LEGLER, W. WEBER und anderen (ausführliche Bibliographie s. LEEDER & STÖRR 2011) die Tragfähigkeit dieses Konzepts für die hiesige Lagerstättenforschung.

Eine andere Sichtweise auf Lagerstätten und Rohstoffe wurde mit der Ökonomischen Geologie angestrebt, die die genetischen Aspekte von Lagerstätten mit ihrer Erkundung, Erschließung, Bewertung und wirtschaftlichen Klassifikation verknüpfte. An der Bergakademie hatte dieses Lehr- und Forschungsfeld lange Zeit im Schatten der vorherrschenden genetischen Orientierung gestanden. 1975 wurde ein entsprechender Lehrstuhl

geschaffen und M. WOLF auf diesen berufen. Den Prinzipien der Rohstoffwirtschaft in der DDR folgend, entwickelte er das Lehrgebiet auf der Grundlage der vom Ministerium für Geologie bzw. der Staatlichen Vorratskommission erlassenen, gesetzlich verankerten Vorschriften, Vorrats- und Lagerstättenklassifikationen und Konditionen. Er war Mitautor des Lehrbuchs der Lagerstättenlehre (BAUMANN, NIKOL'SKIJ & WOLF 1979) und verantwortlich für dessen umfangreichen Teil ‚Ökonomische Geologie‘. Schwerpunkt der Forschungstätigkeit seiner Gruppe war die Erkundungsmethodik von Erz- und Salzlagerstätten auf dem Territorium der DDR.

Unabhängig vom sektionszentralen *Bereich Technik I* (Laboratorien) etablierte O. LEEDER – beginnend mit der Diplomarbeit von RAINER THOMAS 1969 – in den Folgejahren im WB LÖG das in der DDR erste Labor zur thermobarometrischen Untersuchung von Gas-Flüssigkeitseinschlüssen in Mineralen. Da die für die entsprechenden Messungen notwendigen Heiz- und Kühltische nicht importiert werden konnten, wurden sie mit Unterstützung der Sektionswerkstätten im Eigenbau hergestellt. Das Labor erwies sich bald in zahlreichen Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten wie auch in vielfältigen Forschungsprojekten als unentbehrliche Grundlage für die Rekonstruktion der Fluidentwicklung in pneumatolytischen und hydrothermalen Systemen. Die Weiterentwicklung der instrumentellen Technik gestattete später auch Messungen an Schmelzeinschlüssen. Außergewöhnlich war die Mitwirkung von R. THOMAS, der nach seiner Diplomarbeit als „externer Mitarbeiter“ ein privates Labor aufbaute. Seine Ergebnisse trugen wesentlich zum Fortschritt der Einschlussforschung bei und führten 1988 dazu, dass er als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Zentralinstituts für Physik der Festen Erde (ZIPE) der AdW in Potsdam ein entsprechendes Labor einrichten und erfolgreich betreiben konnte. Zu diesem Zeitpunkt war er bereits der führende Spezialist für Einschlussforschung in der DDR, genoss auch im Ausland hohes Ansehen und habilitierte sich 1989 an der Bergakademie Freiberg.

Parallel zu den thermobarometrischen Messungen entwickelte W. KLEMM Anfang der 80er Jahre extraktive Verfahren zur chemischen Analyse der Lösungskomponenten von Einschlüssen und ermöglichte damit noch

komplexere Aussagen zum Charakter hydrothermalen Lösungen. Aus diesen Forschungsarbeiten resultierten 1986 seine Promotion B und 1987 in Zusammenarbeit von LEEDER, THOMAS & KLEMM das Lehrbuch „Einschlüsse in Mineralen“.

Im Zusammenhang mit seinem Forschungsschwerpunkt „Fluorit-Mineralisationen“ diskutierte O. LEEDER den Einfluss von Mantelprozessen auf die Magmatit- und Lagerstättenbildung. Wenige Jahre später erlangte diese Problematik mit dem Nachweis von oberkretazischen Alkaligesteinen und Karbonatiten sowie mit ihnen verknüpften Seltenerdmineralisationen in Kernbohrungen im Gebiet Delitzsch besondere Aktualität.

1971 wechselte K. KOCH in den WB Lagerstättenlehre/Ökonomische Geologie. Parallel zur Bearbeitung mineralogisch-geochemischer Probleme von Kalisalz-lagerstätten beschäftigte er sich nun im Rahmen des Expertenkreises „Hydrologische Gefährdung“ des VEB Kombinars Kali auch mit der sicherheitlichen Beurteilung von Lösungszuflüssen im Kalibergbau. 1980 habilitierte er sich mit der Arbeit „Prozesse der Abscheidung und Umbildung von Kaliflözen, dargelegt am Beispiel des Werra-Kaligebietes“ und wurde im September desselben Jahres zum Hochschuldozenten für Mineralogie an die Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald berufen.

Die Sammlungen

1968 waren alle geowissenschaftlichen Sammlungen administrativ zusammengefasst worden und standen fortan als Struktureinheit neben den aus den Instituten hervorgegangenen WB der Sektion. Die Leiter des Bereichs Sammlungen waren bis 1970 MARTIN GUNTAU, anschließend bis 1986 FRITZ HOFMANN, danach bis 1990 WOLFGANG WEBER. Die Teilsammlungen wurden Kustoden unterstellt. Die Hochschullehrer der jeweiligen WB hatten beratende Funktion für die fachliche Arbeit der Sammlungsabteilungen.

Mineralogische Sammlung. Hier sorgte F. HOFMANN als Kustos, später als verantwortlicher wissenschaftlicher Mitarbeiter von 1969 bis 1996 insbesondere durch den Ausbau weltweiter und intensiver Tauschbeziehungen dafür, dass die Sammlung zu jeder Zeit ihre Position unter den führenden wissenschaftlichen Kollektionen in der Welt behaupten konn-

te. Hinter dem Wachstum der Bestände und der Qualität der Ausstellungen blieb die wissenschaftliche Bearbeitung von Sammlungsmaterial allerdings zurück. Untersuchungen wie die noch von H. J. RÖSLER angeregte Revision der Phosphate, Arsenate und Vanadate (STUHR 1989) blieben eine Ausnahme.

Lagerstättenammlung. Sie erfuhr von 1972 bis 1976 durch GÜNTER WEINHOLD und WOLFGANG WEBER eine vollständige Überarbeitung und neue Systematisierung auf der Grundlage der Lehrkonzeption von L. BAUMANN. Sie wurde so zum „ungeschriebenen Lehrbuch der Lagerstättenlehre“.

Petrographische Sammlung. Auch dieser Sammlungsteil wurde von 1982 bis 1985 durch FRIEDER JENTSCH neu geordnet und zu einer Ausstellung gestaltet, die im Wesentlichen bis heute erhalten geblieben ist. 1990 umfasste die Sammlung 11.000 Belegstücke.

Internationale Aktivitäten und Tagungen

Die hohe Wertschätzung, die wissenschaftshistorische Aspekte in den geowissenschaftlichen Einrichtungen der Bergakademie genossen, führte 1970 zur Organisation des internationalen, sechstägigen INHIGEO-Symposiums „Geschichte der Lagerstättenlehre“ durch M. GUNTAU. Es zählte 114 Teilnehmer aus 22 Ländern (davon 15 Länder des „NSW“ mit 24 Teilnehmern, von diesen nur einer aus der Bundesrepublik). Neben der für jene Jahre beachtlichen Internationalität und ihrer Bedeutung für die Wissenschaftsgeschichte war die Veranstaltung als „Kontaktbörse“ sehr nützlich. Außerdem wirkte sie als Brücke zwischen den in jenen Jahren spürbar distanzierenden WB Mineralogie und Lagerstättenlehre und lieferte wertvolle Beiträge zu den von ihnen vertretenen Wissenschaftsdisziplinen.

In Zusammenarbeit der WB Mineralogie/Geochemie (H. J. RÖSLER, J. PILOT), Hydrogeologie (P. JORDAN) und der Sektion Physik (K. FRÖHLICH, D. HEBERT) wurde 1979 an der Bergakademie das erste Internationale Isotopenkolloquium zum Thema „Radioaktive und stabile Isotope und ihre Anwendung in den Geowissenschaften, in der Bergbausicherheit und im Umweltschutz“ organisiert. Ihm folgten im Dreijahresabstand drei weitere Freiburger Isotopenkolloquien, von denen das im Jahr 1988 mit 140 Teilnehmern aus 9 Ländern einen Höhepunkt

der Reihe darstellte. 1989 wurde die Veranstaltungsreihe mit der seit 1975 vom Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung (Zfi) der Akademie der Wissenschaften der DDR organisierten Tagungsfolge „Isotopes in Nature“ zusammengeführt, da sich in jenen Jahren am Zfi eine Arbeitsgruppe für die Isotopengeochemie und Geochronologie erfolgreich etabliert hatte. Nach der 1991 erfolgten Auflösung des Zfi wurde die Tagungsreihe 1991 in Freiberg wiederbelebt. Weitere Freiburger Isotopenkolloquien fanden 1994 und 1996 statt.

Keinesfalls selbstverständlich waren unter den Bedingungen jener Jahre längerfristige Studien- und Forschungsaufenthalte von DDR-Wissenschaftlern in der UdSSR. Dank der Bemühungen von RÖSLER konnten einige Mitarbeiter diese Möglichkeit nutzen: K. KOCH von 1970 bis 1971 bei M.G. WALJASCHKO in Moskau, R. STARKE 1982 bei V.A. FRANK-KAMENETSKIJ in Leningrad und O. LEEDER bei I.L. NIKOLSKIJ in Donezk. Auch für einige Studentenexkursionen eröffneten sich seit den 1970er Jahren mit der Kola-Halbinsel und Armenien neuartige Ziele.

Auf der Grundlage von Regierungsabkommen waren R. STARKE und P. BEUGE Anfang der 1980er Jahre für jeweils mehrere Monate beim Aufbau eines Röntgenlabors bzw. als Berater am Geologischen Dienst in Damaskus tätig. W. SCHMIDT und P. BEUGE arbeiteten von 1985 bis 1987 bzw. 1988 bis 1990 als Gastdozenten an der Universidade „Eduardo Mondlane“ in Maputo, Mosambik.

Die Zusammenarbeit mit der Universität in Potosí/Bolivien endete de facto im Jahre 1971 infolge des blutigen Militärputsches von Hugo Banzer.

Teil 1 (Von 1965 bis zur III. Hochschulreform 1968) erschien in der ACAMONTA 2022, Teil 3 (Von der Neugründung des Instituts 1990 bis zum Ende des Studiengangs Mineralogie 2005) folgt in der ACAMONTA 2024.

Das Literatur- und Quellenverzeichnis sowie der Tabellenanhang ist unter <https://tu-freiberg.de/vff> abrufbar.

¹ Anschrift der Autoren: Prof. Dr. Dieter Wolf; Haduweg 60, 13125 Berlin; d-wolf@posteo.de, Prof. Dr. Bernd Voland; Berthold-Delbrück-Str. 74, 07749 Jena; bernd@voland.de, Dr. Wolfgang Kramer; Wernerstr. 4, 14109 Berlin; Dr. Werner Pälchen; Ahornweg 13, 09633 Halsbrücke; wer.paelchen@t-online.de

Getrenntes und Gemeinsames im deutschen Markscheidewesen (3. Teil)

Oskar Niemczyk „Bergmännisches Vermessungswesen“ (III/2)

Karl-Heinz Heyne

Mit der Herausgabe des 2. Halbbands zum dritten Band „Bergmännisches Vermessungswesen“ von Oskar Niemczyk fand nun nach über 50 Jahren dieses Standardwerk des Markscheidewesens seinen Abschluss. Obgleich die Bearbeitung durch die Autoren schon vor mehreren Jahrzehnten abgeschlossen wurde, war es notwendig, diesen, das Werk von Oskar Niemczyk abschließenden Band herauszugeben. In diesem Band sind einerseits etliche, insbesondere praktische Gegebenheiten enthalten, denen auch noch heute Bedeutung zukommt. Andererseits ist es ein Zeitdokument des Markscheidewesens aus der Aufbauphase Deutschlands nach dem 2. Weltkrieg.

Das Gesamtwerk „Bergmännisches Vermessungswesen“ soll einer chronologischen Betrachtung unterzogen werden, um die Abläufe und Hintergründe zu erhellen. Neben dem Verständnis für das zugehörige Geschehen sollen hieraus Anregungen entstehen, die sich für weitere Arbeiten, insbesondere Publikationen, im Markscheidewesen ergeben. Die Herausgeber greifen hierbei auf die einschlägigen Veröffentlichungen, auf unveröffentlichte Unterlagen sowie auf Ergebnisse eigener Recherchen und mündliche Mitteilungen zurück.

Im Jahre 1948 entschloss sich der damals 62-jährige, aber noch sehr agile Ordinarius für Markscheidewesen an der Technischen Hochschule Aachen, Prof. Oskar Niemczyk, ein ausführliches Werk über den Stand des Markscheidewesens in allen seinen Zusammenhängen, mit den nahestehenden Grenzgebieten, herauszugeben. Diesen riesigen Stoff wollte er zunächst allein bewältigen. Folgende Gliederung war vorgesehen:

- I. Markscheiderischmathematische Grundlagen, Ausgleichsrechnung und Landesvermessung
- II. Über- und untertägige Messungen des Markscheiders
- III. Markscheiderische Darstellungen, Karten- und Risswerk
- IV. Bodenbewegungskunde und Gebirgsmechanik

V. Grenzgebiete des Markscheiders (Ausschnitt aus der Angewandten Geophysik, Teilgebiete der Raumordnung und Raumplanung, wasserwirtschaftliche Aufgaben) und Abriss der Entwicklungsgeschichte der Markscheidekunde.

Schon im Juni 1949 stellte Niemczyk einen Teil seiner Manuskripte dem Akademie-Verlag in (Ost-)Berlin zu, worauf dieser mit ihm am 14.7.1950 einen Vertrag über die Herausgabe eines Standardwerks „Bergmännisches Vermessungswesen“ abschloss. Der Verlag behielt sich das Recht zum Rücktritt vor, wenn die erforderlichen Genehmigungen von Behörden nicht erteilt werden. Band I wurde 1951 gedruckt. Doch zeigte sich Niemczyk alsbald, „dass es unzulässig ist, ohne wissenschaftliche Mitarbeiter auszukommen“. Der vorgesehene Band II wurde vorläufig zurückgestellt und „einem im Markscheidewesen äußerst wichtigen Gebiet, nämlich den Darstellungen, ... Vorrang ... gegeben“, weil betriebstechnische Erfordernisse im Vordergrund standen. Neu war die Entwicklung von Betriebsplanwerken und von geologisch-lagerstättenkundlichen Kartenwerken, einschließlich der Lagerstättenarchive. Als Mitarbeiter für die „Grundlagen und Darstellungen“ konnte Prof. Haibach gewonnen werden. Der dritte Band „Darstellungen – Anwendungen“ sollte „baldmöglichst folgen“. Damals bestand immer noch die Absicht, die markscheiderischen Messungen über und unter Tage, nunmehr in einem vierten Band des Werkes „Bergmännisches Vermessungswesen“ zu behandeln und einem fünften Band „Bodenbewegungskunde und Gebirgsmechanik“ folgen zu lassen. Die im Vorwort zum ersten Band angesprochenen Grenzgebiete des Markscheiders wurden jedoch nicht mehr erwähnt. Die Entwicklungsgeschichte des markscheiderischen Riss- und Kartenwesens ist im Band III ausführlich abgehandelt.

Die Herausgabe des Bandes III wurde durch den Bau der „Berliner Mauer“

(ab 13.8.1961) und den Tod von Niemczyk am 22.11.1961 erschwert.

Bis zu seinem Tod und nach seiner Emeritierung als Ordinarius an der RWTH Aachen war Oskar Niemczyk ständiger Gastprofessor an der Stätte seiner früheren Lehrtätigkeit, der TU Berlin. Für den damaligen Lehrstuhlinhaber, Prof. Hilbig, war es eine selbstverständliche Pflicht, sich um die Herausgabe des Bandes III zu kümmern.

Auch der damalige Vorsitzende des Deutschen Markscheider-Vereins (DMV), der spätere ordentliche Professor an der Montanistischen Hochschule Leoben, Herbert Spickernagel, hatte Sorge, die Sicherstellung der Drucklegung des III. Bandes des Werkes zu gewährleisten. Da sich die Manuskripte beim Akademie-Verlag in Ost-Berlin befanden, nahm er mit Haibach und Hilbig Kontakt auf. Erhebliche Komplikationen traten zeitgleich dadurch auf, dass auf Verlangen des Akademie-Verlags auch die Rechtsvorschriften und technischen Entwicklungen in der DDR berücksichtigt werden sollten. Hierfür war der damalige Lehrstuhlinhaber für Markscheidewesen und Bergschadenkunde an der BA Freiberg, Prof. Neubert, um Mitarbeit gebeten worden. Die nun folgende Zusammenarbeit mit dem Akademie-Verlag gestaltete sich recht schwierig: So erhielt im Januar 1962 kein Vertreter des Akademie-Verlags eine Genehmigung zum Besuch der Westsektoren von Berlin und auch Hilbig wurde keine Genehmigung zum Besuch des Ostsektors der Stadt erteilt. Der Akademie-Verlag schlug deshalb Hilbig vor, für den Abschluss des III. Bandes (auch für die Durchsicht der Zeichnungen und dem Lesen der Fahnenabzüge) Neubert einzuschalten. Diesem Vorschlag begegneten die Professoren Haibach und Hilbig skeptisch, wengleich auch Niemczyk geäußert hatte: „Wenn ich Professor Neubert und dessen Art zu arbeiten gekannt hätte, dann hätte ich ihn gebeten, Mitautor meines Werkes zu werden“.

Der erste Halbband des III. Bandes erschien dann im Jahre 1963. Hilbig kündigte parallel dazu die Herausgabe

des 2. Halbbandes für 1965 an. Im August 1962 stellte der Akademie-Verlag Hilbig das Manuskript des zweiten Halbbandes und Bemerkungen von Neubert zur Verfügung. Im Juli 1963 teilte der Verlag Haibach mit: „Die Arbeiten am zweiten Halbband durch Hilbig und Neubert gehen inzwischen zügig voran“. Im August 1965 schrieb der Verlag Haibach, dass die kompletten Fahnenabzüge vorlägen, zurzeit zum Umbruch vorbereitet würden und dass die Herausgabe für 1966 eingeplant sei. Allerdings folgte dann im Juli 1966 die Mitteilung des Verlags an Haibach, dass die Fertigstellung 1966 nicht mehr möglich sei. Im Oktober 1967 führte Hilbig eine Besprechung mit dem Vertreter des Akademie-Verlags mit dem Ergebnis, dass das Buch dann Anfang 1968 erscheinen werde.

Im April 1968 wurde Neubert eine erste Umbruchkorrektur zur Kenntnisnahme und Korrektur gesandt. Sie enthielt bereits alle drucktechnischen Angaben: das vorgesehene Erscheinungsjahr 1968, Bestellnummer 5051/III/2, ES 20FI, Lizenznummer 202.100/583/65 und die Angabe der Gesamtherstellung durch VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, 74 Altenburg. Im August 1968 erfolgte dann die Mitteilung von Hilbig an Haibach, dass sich die Drucklegung nochmals verzögere, da alle im Halbband 2 genannten Normvorschriften der DDR überprüft werden müssten. In einem Brief des Sekretariats von Hilbig an Haibach vom 12.1.1970 wird ihm mitgeteilt, dass es „eine harte Auseinandersetzung“ mit dem Vertreter des Akademie-Verlags gegeben habe. Der Akademie-Verlag habe „die Weiterarbeit am 2. Teilband und die Herausgabe desselben abgelehnt“, da „alles fachlich überholt sei und der Verlag keine weiteren Gelder für dieses Buch bekommt“. Die beim Verlag mehrfach angeforderte Rückgabe von Unterlagen ist nicht erfolgt. Bei dem Gespräch mit dem Vertreter des Akademie-Verlags sei der Eindruck entstanden, dass er „selbst nicht die Schuld an dieser Entwicklung“ habe, „da er ja ‚nach Vorschrift‘ handeln“ müsse.

Zum Erscheinen des zweiten Halbbandes des Bandes III kam es somit nicht. Dass hierfür in erster Linie wohl politische und nicht fachliche Gründe ausschlaggebend waren, muss wohl wie nachstehend dargelegt, vermutet werden: Anfang der 50er Jahre war die

Politik der DDR-Regierung noch auf die Einheit Deutschlands ausgerichtet. So passte es durchaus in dieses Bild, wenn die westdeutschen Autoren Niemczyk, Haibach und Innerling ein Standardwerk beim Ost-Berliner Akademie-Verlag zum Druck in der DDR veranlassten, in welchem dieser gesamtdeutsche Bezug klar zum Ausdruck kam.

Niemczyks Bestreben war es, sein Werk nicht nur auf alle Bergbauzweige zu beziehen, sondern auch „gesamtdeutsch“ zu gestalten. Explizit schreibt er dazu auf Seite 94 des 1. Halbbandes von Band III: „Die ... Anwendungen und Beispiele sind somit in ganz Deutschland bedeutungsvoll“, und er spricht im gleichen Band im Abschnitt II A. 1a) von „... in innerdeutschen Ländern“.

In den 50er Jahren waren die Markscheidereien in der DDR bestrebt, ebenso wie in der Bundesrepublik Deutschland, das Bergmännische Risswerk optimal zu gestalten. Hierbei wurde die nur in Westdeutschland zum Bestandteil der Markscheiderordnungen erklärte DIN 21900 „Richtlinien für Herstellung und Ausgestaltung des bergmännischen Risswerks“ möglichst angewandt, weil sie doch gegenüber den noch verbindlichen Normen DIN BERG 1900 ff. bei Wahrung der schon aus sicherheitlichen Gründen erforderlichen Kontinuität der Rissführung eine erhebliche Verbesserung darstellte. 1956 wurde durch Neubert im Abschlussbericht zum Standardisierungsauftrag „Bergmännische Risswerk DIN 21900“ der Hoffnung Ausdruck gegeben, dass durch das Amt für Standardisierung der DDR unverzüglich Schritte unternommen werden, um „unsere Interessen zu wahren und damit die Einheit im deutschen markscheiderischen Risswerk zu gewährleisten“. Die persönliche Mitarbeit von Neubert im Normenausschuss Bergbau (FABERG) in Essen, Arbeitsausschuss „Markscheidewesen“, unter Vorsitz des Mitautors Innerling, fand in den folgenden Jahren statt.

Die Bestrebungen, die Normen DIN 21900 in der DDR anzuwenden, hat Neubert auch in seinen Korrekturen und Ergänzungen (zum Halbband 2 des Bandes III) gegenüber dem Akademie-Verlag zum Ausdruck gebracht. Der Informationsfluss von Seiten des FABERG wurde bis zur Wiedervereinigung über den koordinierenden Bearbeiter für die markscheiderischen Normen in der DDR, Dr. Günter Müller, und dem

Inhaber des Lehrstuhls für Markscheidewesen und Bergschadenkunde an der Bergakademie Freiberg, Prof. Heinz Meixner, aufrechterhalten.

In einer Stellungnahme von Dr. Liersch, welche der Akademie-Verlag nach Emeritierung von Neubert im Jahre 1968 von ihm erbeten hatte, kommt er zu etwa den gleichen Folgerungen, welche jedoch noch durch den Hinweis auf fehlende Informationen über DDR-spezifische Gegebenheiten und auf moderne Verfahren der Rissherstellung ergänzt werden. Er kommt zu dem Schluss, dass „der dargestellte Stoff sehr viel moderne Gesichtspunkte enthält, deren Einführung in die bergbauliche Praxis notwendig wäre, aber noch nicht erfolgt ist“ und „dass eine Überarbeitung einzelner Abschnitte insgesamt noch zu ermöglichen“ sei.

Mit der zunehmenden Eigenstaatlichkeit der DDR („zwei deutsche Staaten“) war somit die Konzeption des Buches nicht mehr vereinbar. Deshalb ist zu vermuten, dass das 1970 für die Druckgenehmigung zuständige Ministerium des Innern der DDR diese wahrscheinlich versagte.

Aufgrund der eingetretenen Entwicklung berichtete Dr. Savelsberg am 29.5.1970 in einer erweiterten Vorstandssitzung des Deutschen Markscheider-Vereins (DMV), dass der zweite Halbband des Bandes III des Werkes von Niemczyk vom Akademie-Verlag in Ostberlin nicht herausgegeben wird und am 25.1.1971 wurde zur Fortführung der Arbeiten an der Herausgabe zu einer Besprechung des Vorstands des DMV mit Haibach eingeladen, um zu klären, „ob und in welcher Weise die Arbeiten an der Herausgabe des 2. Halbbandes des III. Bandes von Niemczyk ... fortgesetzt werden sollten“, nachdem weitere Bemühungen von Hilbig beim Akademie-Verlag ohne Erfolg geblieben waren. Es wurde erwogen, einen westdeutschen Verlag mit der Herausgabe zu beauftragen. Vermutlich scheiterte dieses aber aus rechtlichen Gründen und an der nicht gegebenen Verfügbarkeit der Originalunterlagen.

Nachdem bis auf Haibach alle Autoren und der Herausgeber des 1. Halbbandes von Band III verstorben waren (Niemczyk 22.1.1961, Neubert 3.5.1972, Hilbig 11.3.1981, Innerling 22.8.1984), war es Haibachs Anliegen, den noch nicht erschienenen 2. Halbband des Bandes III in aktualisierter Form her-

auszugeben. Deshalb fand am 14.4.1992 ein Informationsgespräch über die Möglichkeiten zur Neukonzipierung dieses unveröffentlichten Bandes unter Berücksichtigung aktueller Aspekte statt. An diesem Gespräch nahmen die Professoren Haibach, Stelling, Leonhardt und Dr. Burger teil. Das Ergebnis der Besprechung wurde dem Vorstand des DMV übermittelt. In einer Sitzung von Vorstand und Beirat am 9.7.1992 regte Prof. Czubik an, „ein neues literarisches Standardwerk der Markscheidkunde“ zu erstellen. Vertreter der Markscheid-Institute der Hochschulen, der Bergbehörde und der DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung sagten ihre Mitarbeit, Czubik die Koordinierung der Arbeiten zu. Er übernahm die Stoffsammlung von Haibach und Burger.

Von dem neuen literarischen Standardwerk sind bisher die Bände „Bergschadenkunde“ von Prof. Kratzsch, „Allgemeine Vermessungs- und Markscheidkunde“ von Prof. Knufinke, „Die Umweltverträglichkeitsprüfung im westdeutschen Steinkohlenbergbau“ von Prof. Hansel und „Gesetzliche Grundlagen im Markscheidwesen (Deutschland)“ von Kunert gedruckt worden. Ausarbeitungen zu den Vorschlägen von Haibach und Burger liegen allerdings nicht vor. Nach dem unerwarteten Tod von Czubik am 13.9.1999 oblag die weitere Koordinierung der Arbeiten an diesem Standardwerk Prof. Gilles.

Nach dem Tod von Haibach am 15.5.1999 hatte dessen früherer vertrauter Mitarbeiter, der auch an der Ausarbeitung dieses Bandes beteiligt war, Vermessungsobersberger Burger dessen Manuskripte, Unterlagen und Schriftwechsel zum Werk „Bergmännisches Vermessungswesen“ übernommen. Am 20.8.2002 übergab Burger das maschinengeschriebene Manuskript dieses 2. Halbbandes, soweit die Ausführungen von Haibach stammten, sowie eine umfangreiche Akte mit Schriftwechsel hierzu an Leonhardt. Dieses geschah, damit die Unterlagen „der Nachwelt erhalten bleiben sollen“. Die Unterlagen wurden entgegengenommen, weil deren wissenschaftlicher, praktischer und auch zeitgeschichtlicher Wert hoch eingeschätzt wurde und er durch seine Tätigkeit an allen vier deutschen Hochschulen und die berufliche Zusammenarbeit mit den Mitautoren für sich hierzu eine Verpflichtung gesehen hat.

Es waren zunächst rechtliche Fragen zu klären. Rechtsnachfolger für das Werk von Oskar Niemczyk war der Verlag Wiley-VCH Berlin. Dieser Verlag erhob keine Ansprüche. Da alle Autoren verstorben waren, war es notwendig, die Erben ausfindig zu machen, die alle auf Rechtsansprüche verzichteten und sich auch nicht anteilig an der Ausgabe beteiligen wollten. Die Nachfrage bei den Erben richtete sich auch darauf, ob Offsetdrucke noch bei ihnen vorlägen. Das war nicht der Fall. Gleiches gilt für die Rechtsnachfolger der Druckereien.

Stand im Jahre 2003 war, dass nur ein maschinengeschriebenes Teilmanuskript vorlag. Anlässlich der Sitzung des Arbeitsausschusses Markscheidwesen des FABERG im Jahre 2003 kamen Leonhardt und Michaely über die Literatur des Markscheidwesens und das wissenschaftliche Werk Niemczyks ins Gespräch, bei dem Leonhardt

- a) die fehlende Herausgabe des Bandes III.2 allgemein und insbesondere
- b) die Unvollständigkeit der ihm vorliegenden Unterlagen in Bezug auf die Beiträge von Niemczyk, Innerling und Neubert bedauerte.

Horst Michaely bemerkte hierzu, dass dem zweiten Punkt abgeholfen werden kann. Im Rahmen seiner Sammlung der Fachbücher, Gestaltungsregelungen, Gesetze und Verordnungen, Normen und Rissmuster für die Anfertigung des Bergmännischen Risswerks in Preußen, Sachsen und Deutschland seit 1801 verfüge er über einen kompletten Film und einen Papierabzug eines Fahnenabzuges aus dem Jahre 1968 des Bandes III.2 von Niemczyk. Die Unterlagen habe er im Rahmen seiner langjährigen Recherchen und der guten Zusammenarbeit mit der BA Freiberg von Meixner zur weiteren Verwendung erhalten.

Aus dem privaten Nachlass von Neubert lag dessen Nachfolger, Meixner, noch eine Umbruchkorrektur aus dem Jahre 1968 vor. Diese wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Gemeinsam entstand der Entschluss, das Werk von Niemczyk für das Markscheidwesen zu vollenden. Es musste noch eine geeignete Möglichkeit der Umsetzung für die Herausgabe gefunden werden, die wirtschaftlich vertretbar war. Horst Michaely übernahm die weitere Koordinierung der Arbeiten, deren

Unterstützung durch die Professoren Busch (Clausthal) und Sroka (Freiberg) sowie durch den Vorstand des DMV zugesagt worden war.

In langer mühevoller Arbeit wurden durch den persönlichen Einsatz von Burger und Michaely die vorliegenden Fahnenabzüge und das frühere Manuskript von Haibach aufeinander abgestimmt.

Die vorhandenen Unterlagen, wie Filme und Abzüge waren von relativ schlechter Qualität und für einen Druck nicht ausreichend. Beispielhaft sei hier auf den Zustand des Papiers verwiesen, das von minderer Qualität, sehr holzhaltig und somit stark angegriffen war, was sich insbesondere durch die starke Braunfärbung und die teilweise Brüchigkeit des Papiers bemerkbar machte. Die Anlagen, d.h. die Abbildungen und Tafeln, lagen in loser Blattsammlung vor. Eine weitere Lagerungszeit hätte eine Reproduktion nicht mehr gestattet.

Den Text und die Anlagen direkt aus dem Fahnenabzug zu scannen, führten zu keinem ausreichenden Ergebnis. Auch eine Texterkennung scheiterte an der vorliegenden Qualität der Unterlagen. Einigermaßen befriedigend war es, die Andruckseiten des Fahnenabzuges, die auf einem Bogen gedruckt waren, einzeln zu bearbeiten und anschließend zu scannen. Die so erstellten Dateien konnten dann entsprechend vorgegebenen Regeln für die Überarbeitung aufbereitet werden. Dies war ein mühevoller und langwieriges, zeitaufwendiges Unterfangen.

Der zweite Halbband des Bandes III von Niemczyk ist somit ein Gemeinschaftswerk aller vier deutschen Hochschulen, an denen Markscheidwesen studiert werden konnte. Eine Würdigung der Beteiligten erfolgte, indem im Anhang zu diesem Band die Lebensläufe und Fotos von Oskar Niemczyk, Otto Haibach, Herbert Innerling, Karl Neubert und Paul Hilbig angefügt wurden. Von dem einst von Niemczyk konzipierten Standardwerk „Bergmännisches Vermessungswesen“ sind in diesem nicht zur Realisierung gekommen:

- Über- und untertägige Messungen des Markscheiders; realisiert in dem genannten Buch von Knufinke,
- Bergschadenkunde; diese ist in hervorragender Weise durch das Werk von Kratzsch, das in mehrfacher

Auflage sowie in Englisch, Russisch und Chinesisch erschienen ist, abgedeckt worden und

- Grenzgebiete des Markscheiders, soweit diese nicht in den erwähnten Veröffentlichungen von Hansel und Kuhnert behandelt wurden.

Ganz fehlt jedoch seit Niemczyks „Bergschadenkunde“ aus dem Jahre 1949 der gesamte Komplex der Gebirgsmechanik. Aufgabe der jetzt noch aktiv tätigen Generation ist es geboten, für das Risswesen und die vorausgehende Lagerstättenbearbeitung einen aktuellen Stand zusammenfassend zu publizieren und so die seit den 1960er Jahren

bestehende Dokumentationslücke zu schließen. Thematisch zählen hierzu: die Ausgestaltung betrieblicher Risse und Pläne, die Gefahrenerkennung aus dem Bergmännischen Risswerk sowie die Anwendung optimaler Prädiktionsverfahren auf Lagerstätteigenschaften und Gefahrenquellen.

Es sind besonders die neueren Arbeitsgebiete des Markscheiders, die mit dem Risswesen eng verknüpft sind, zu berücksichtigen: untertägige Speicherung und Endlagerung, Altbergbau und Sanierung sowie die risstechnische Darstellung von Ergebnissen geotechnischer Messungen und deren Auswertung und Darstellungen.

Die Bezugnahme auf die Ergebnisse der Neubearbeitung der DIN-Normen für das Bergmännische Risswerk durch den Arbeitsausschuss Markscheidewesen des FABERG und auf den zugehörigen Rissmusteratlas Bergmännisches Risswerk, 1995 von Michaely herausgegeben, ist dabei notwendig /1/.

Quellennachweis

/1/ Leonhardt, Joachim Professor Dr.-Ing. habil. Markscheider, Echstenkämperweg 34, D-45277 Essen

Anmerkung:

Einen großen Dank für die mir geleistete Unterstützung bei dieser Arbeit gebührt meinem lieben Freund und Kollegen Markscheider Professor Dr.-Ing. habil. Joachim Leonhardt. Glück auf!

Auszeichnung für rekonstruierte Brendelsche Dampfmaschine

Peter Hauschild

Die Georg-Agricola-Gesellschaft für Technikgeschichte und Industriekultur e. V. (GAG) verlieh am 8. September 2022 den mit 500 Euro dotierten „GAG-Preis für Industriekultur“ an den Heimatbund Bad Dürrenberg e. V.

Die Verleihung des Preises fand im Rahmen der Jahrestagung der GAG in Augsburg statt, wo der Vertreter des Preisträgers, Herr Eberhard Richter, das Projekt vorstellte. Die TU Bergakademie Freiberg ist als rechtsfähige Körperschaft Mitglied in der GAG. Sie wurde zur Veranstaltung durch Herrn Professor Helmuth Albrecht vom Insti-

tut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte (IWTG) vertreten. Die Jury erachtete unter den eingereichten Vorschlägen das Projekt des Vereins, den Nachbau eines Funktionsmodells der ersten Brendelschen Dampfmaschine, als preiswürdig. Das Modell im Maßstab 1:1 der von Christian Friedrich Brendel von 1808 bis 1811 gebauten Dampfmaschine ist nach originalen Plänen errichtet worden und befindet sich im Witzlebenturm der Salinenanlage in Bad Dürrenberg. Der besondere Wert dieser Anlage besteht darin, dass sie in konstruktiver Hin-

sicht noch weitestgehend die Authentizität vom Beginn des 19. Jahrhunderts bewahrt hat. Diese Einzigartigkeit führte 2009 zur Aufnahme in die Europäische Route der Industriekultur.¹ Der Heimatbund Bad Dürrenberg e. V. hat sich der Denkmal-, Traditions- und Brauchtums- pflege verschrieben und unterstützt insbesondere

¹ ERIH, die European Route of Industrial Heritage (Europäische Route der Industriekultur), ist ein touristisches Informationsnetzwerk zum industriekulturellen Erbe Europas. Träger des Netzwerks ist der ERIH-Verein mit über 300 Mitgliedern in 30 europäischen Ländern.

² Vgl. Eberhard Richter: Aufschwung der Saline Dürrenberg nach 1800 durch das Wirken Friedrich von Hardenbergs (Novalis) und Christian Friedrich Brendels. In: ACAMONTA, Zeitschrift für Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg 29 (2022), S. 202-203; ders.: Sachsens erste Dampfmaschine in Bad Dürrenberg nachgebaut. In: Industriekultur 102 (1/2023), S. 45. Die Besucheradresse ist Borlachplatz 2, 06231 Bad Dürrenberg. Eine Besichtigung der Anlage ist im Rahmen von Führungen ganzjährig möglich.

³ Der Deutsche Preis für Denkmalschutz ist die höchste Auszeichnung auf diesem Gebiet in Deutschland. Er wird in mehreren Kategorien vergeben: als Karl-Friedrich-Schinkel-Ring für ein herausragendes Lebenswerk, die Silbernen Halbkugeln für überdurchschnittliches Engagement einzelner oder mehrerer Personen, der Journalistenpreis für die fachkundige Berichterstattung über Kulturdenkmale sowie ein Internetpreis für die engagierte Vermittlung denkmalpflegerischer Inhalte.



Foto: S. Preißler

Zur Vorbereitung der Rekonstruktion der Brendelschen Dampfmaschine fertigte der Verein ein Modell im Maßstab 1:10

Chronik

1224 – 800 Jahre

- Urkundliche Ersterwähnung des Freiburger Hospitals St. Johannis

1749 – 275 Jahre

- (25.07.) Abraham Gottlob Werner geboren, Student 1769/71, 1775/1817 Lehrer für Mineralogie, Geologie, Bergbaukunde und Eisenhüttenkunde, 1775/1817 Inspektor der Bergakademie, Platz in Freiberg und Gebäude der Bergakademie nach ihm benannt

1774 – 250 Jahre

- (24.04.) Leopold von Buch geboren, Student 1790/93, Geologe, Privatgelehrter, nach A. v. Humboldt „der größte Geognost seines Zeitalters“, Straße in Freiberg nach ihm benannt
- (15.05.) Johann Nepomuk Fuchs geboren, Student 1803, Professor für Mineralogie in München
- (11.06.) Johann Gotthold Klemm geboren, Student 1792, Hüttenmeister, 1834/43 Lehrer für Probierkunst
- (14.06.) Johann Carl Freiesleben geboren, Student 1790/92, 1799 Bergmeister in Johanngeorgenstadt, 1818 Bergrat am Oberbergamt Freiberg, 1838/42 Sächsischer Berghauptmann
- (11.07.) Robert Jameson geboren, Student 1800, Professor für Mineralogie in Edinburgh, Gründer der dortigen „Wernerian Society“

1799 – 225 Jahre

- (19.02.) Ferdinand Reich geboren, Student 1816/19, 1824/66 Inspektor der Bergakademie, 1827/60 Professor für Physik, 1830/42 hält Vorlesungen über Versteinerungslehre, Entdeckung des Elements Indium unter Beteiligung von Hieronymus Theodor Richter, Straße in Freiberg nach ihm benannt

1824 – 200 Jahre

- (08.07.) Carl Gottlieb Gottschalk geboren, Student 1842/45, 1858/75 unterrichtet nebenamtlich Buchführung, ab 1872 Berg- und hüttenmännische Rechnungswissenschaft und Bergwerksstatistik, 1877/87 Professor für dieses Fachgebiet, seit 2011 Namensgeber für einen Preis des Fachschaftrats der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
- (17.07.) Christian Friedrich Martin Websky geboren, Student 1847/51, Professor für Mineralogie in Breslau und Berlin
- (21.11.) Hieronymus Theodor Richter geboren, Student 1843/47, Oberbergat, 1856/96 Lehrer, ab 1863 Professor für Lötrohrprobierkunde, 1875/1896 Direktor der Bergakademie, Mitentdecker des neuen chemischen Elements Indium

1849 – 175 Jahre

- (Mai) Aufstand und Barrikadenkämpfe in Dresden; Teilnahme von 60 freiwilligen Mitgliedern der Freiburger Kommunalgarde mit Studenten und Professoren
- (01.06.) Edward Dyer Peters geboren, Student 1865/69, 1914 Ehrendoktor, Hüttdirektor in den USA, ab 1904 Professor für Metallurgie an der Harvard-Universität in Boston und am Massachusetts Institute of Technology
- (21.07.) Otto Ernst Nippold geboren, 1879/1919 leitender Arzt des Stadtkrankenhauses Freiberg, 1879/1921 nebenamtlich Dozent für Gesundheitspflege und erste Hilfe, 1919 Verleihung des Titels Professor

1874 – 150 Jahre

- Schaffung der Professur für Eisenhütten- und Salinenkunde (Berufung von Adolf Ledebur)
- (04.03.) August Friedrich Lingke gestorben, Student 1830, Bergmechanikus, Besitzer einer eigenen Feinmechanik-Firma in Freiberg, Teilhaber Max Hildebrand
- (17.05.) Leopold Sello gestorben, Student 1810/11, 1811 am Bergamt Tarnowitz, 1816/57 Bergmeister, Bergrat, Oberbergat, Geheimer Bergrat in Saarbrücken
- (01.06.) Kurt Richard Friedrich geboren, Student 1892/98, 1901/09 Dozent, ab 1902 a. o. Professor für metallurgische Probierkunde, Pyrometrie und Metallographie, ab 1904 o. Professor für Probierkunde und Metallographie, ab 1909 o. Professor an der TH Breslau, 1914/17 Hüttdirektor auf den Blei-Silber-Zink-Hütten von Georg von Giesche's Erben, später Privatgelehrter
- (01.09.) Kurt Bähr geboren, 1933 Ehrensensator, Direktor des Braunkohlenwerks Phönix bei Meuselwitz
- (17.11.) Hans Oehmichen geboren, Student 1893/98, Bergingenieur im Goldbergbau Siebenbürgens sowie in Silber- und Kupfergruben Chiles und Perus, Montantugachter in verschiedenen Ländern

1899 – 125 Jahre

- 1899 Einführung des Wahlrektorats, erster Rektor 1899/1901 Professor Adolf Ledebur
- (23.01.) Herbert Grün geboren, 1958/61 Professor für Walzenkalibrierung, Hüttenmaschinenkunde und Projektierung von Walzwerksanlagen und Schmieden am Institut für Metallformung
- (12.05.) Paul Martin Kreßner gestorben, Student 1838, 1856/63 Lehrer für Bergrecht und bergmännischen Geschäftsstil
- (13.06.) Oskar Zdralek geboren, 1938/45 Professor für Elektrotechnik und Institutsdirektor
- (19.06.) Otto Meißer geboren, 1940/46 a.o. Professor und 1951/64 Professor mit Lehrstuhl für Angewandte Geophysik, 1955/57 Rektor der Bergakademie Freiberg, 1966 Ehrensensator, 1979 Gebäude an der Bergakademie nach ihm benannt
- (18.09.) Hans Ernst Freiherr von Manteuffel gestorben, Student 1853/57, Direktor der Einsiedelschen Eisenwerke Lauchhammer und Gröditz
- (19.09.) Ludwik Mayre geboren, 1957/59 Gastprofessor (Professor mit Lehrauftrag) für Ökonomik, Organisation und Planung des Hüttenwesens, 1965 Ehrensensator, Professor für Ökonomie an der Hochschule Krakow, Polen
- (16.10.) August Heinrich Bernhard Prinz von Schönauich-Carolath gestorben, Student um 1848, 1860 Oberbergat in Halle, 1864 Berghauptmann und Direktor des Oberbergamts Dortmund
- (07.11.) Hermann Jung geboren, 1954/64 Professor für Staub- und technische Silikoseforschung und Direktor des Instituts für Grubensicherheit und Arbeitsschutz
- (03.12.) Oswald Erhard Römisch gestorben, Student 1836, 1849/56 Lehrer für Bergrecht und bergmännischen Geschäftsstil, ab 1850 Professor, 1856 Bergmeister in Marienberg, dann Finanzrat in Dresden, Geheimer Rat und Präsident der Oberrechnungskammer
- (07.12.) Otto Krause geboren, 1928/29 Dozent für Chemie und Technologie der feuerfesten Baustoffe

- (12.12.) Bedri Bekiroglu geboren, Student 1917/24, Bergingenieur im türkischen Steinkohlen- und Kupferbergbau, Lehrer an der Bergschule Zonguldak, 1940 Generaldirektor der staatlichen Steinkohlengruben

1924 – 100 Jahre

- Einrichtung eines Erdbau-Laboratoriums an der Bergakademie durch Professor Franz Kögler
- Einweihung Gebäude des Braunkohlenforschungsinstituts (Agricolastraße 1, 1953 Namensgebung Karl-Kegel-Bau)
- (01.02.) Johannes Teubel geboren, 1970/89 Professor für Verfahrenstechnik, ab 1981 Technische Chemie
- (14.02.) Peter Krüger geboren, Student 1942/46 (nach Inskription zum Heeresdienst beurlaubt), 2007 Ehrensenator, 2008 Ehrendoktor posthum, Unternehmer und Stifter (Dr. Erich-Krüger-Stiftung)
- (19.02.) Thomas M. Chilos Huntington gestorben, Student 1871, entwickelte die Windröstung von Bleierzen im Konverter, Hüttendirektor in Italien, Inhaber des Ingenieurbüros Huntington-Heberlein & Co. London
- (21.03.) Wolfgang Dietze geboren, Student 1948/53, 1963/77 Professor für Organisation und Planung des Bergbaus (Tiefbau), 1977/89 Professor für Bergbautechnologie und Projektierung
- (15.04.) Heinrich Roeßler gestorben, Student 1862/64, 1923 Ehrendoktor, Direktor der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt Frankfurt a. M. (Degussa)
- (25.04.) Hans Zienert geboren, 1967/89 Dozent, ab 1968 Professor für Sozialistische Wirtschaftsführung, 1971/78 Direktor des ISW, 1978/89 1. Prorektor der Bergakademie, 1952/57 Bürgermeister von Freiberg
- (11.06.) Otto Gallenmüller geboren, 1959/89 zuerst 1960 Dozent (seit 1959 Wahrnehmung der Dozentur), ab 1963 Professor für Rechnungswesen und Betriebsanalyse, ab 1966 Professor für Rechnungswesen und Ingenieurökonomie, 1969 Professor für Sozialistische Betriebswirtschaft (Rechnungsführung)
- (13.07.) Schließung der Freiburger Bergschule
- (23.08.) Paul Heinz Müller geboren, 1992 Ehrendoktor, em. Professor für Wahrscheinlichkeitstheorie und Mathematische Statistik, TU Dresden

1949 – 75 Jahre

- Erster Berg- und Hüttenmännischer Tag, eine jährlich stattfindende, international anerkannte wissenschaftliche Fachtagung (bereits 1947 gab es unter dieser Bezeichnung eine vom Studentenrat organisierte Hochschulveranstaltung, die aber mehr den Charakter eines dies academicus hatte)
- Einführung der neuen Fachrichtungen Aufbereitung und Silikathüttenkunde
- (unbekannt) Heinrich Krug gestorben, Student 1891/96, 1923 Ehrendoktor, Generaldirektor der Gewerkschaft „Gottes Segen“ Lugau
- (unbekannt) Ernst Voigt gestorben, 1933 Ehrendoktor, Direktor der Eintracht Braunkohlenwerke und Brikettfabriken in Welzow, 1934/45 Vorsitzender der Gesellschaft der Freunde der Bergakademie Freiberg
- (13.01.) Willy Bielenberg gestorben, 1936/45 Professor für Organische Chemie, Leiter der Chemischen Abteilung des Braunkohlen-Forschungsinstituts (ab 1942 umbenannt in Abteilung für Chemische Kohleveredlung) und des Organisch-chemischen Instituts
- (10.03.) Paul Hoffmann gestorben, 1924 Ehrensenator, Handelsgerichtsrat, Aufsichtsrat der studentischen Darlehnskasse
- (19.03.) Hermann Nieß gestorben, Student 1899/1902, 1907 erster Promo-

vend der Bergakademie, 1929 Berghauptmann und Vorstand des Oberbergamts Freiberg

- (01.09.) Gründung der Arbeiter- und Bauernfakultät an der Bergakademie (Eröffnung am 28.10.)

1974 – 50 Jahre

- Einführung der neuen Fachrichtung Werkstoffeinsatz
- (17.06.) Hermann Schwanecke gestorben, 1949/56 Professor für Geologie und Institutsdirektor
- (27.07.) Günter Viète gestorben, 1959/73 Dozent für Allgemeine Geologie und Quartärgeologie, ab 1968 Professor für Geologie
- (24.12.) Moissej Osernoi gestorben, 1965 Ehrensenator, Professor am Bergbau-Institut Moskau
- (28.12.) Friedrich Leutwein gestorben, 1947/58 Professor für Mineralogie, 1949/53 Rektor der Bergakademie

1999 – 25 Jahre

- Einführung neuer Studiengänge – Chemie: neben Diplom auch Bachelor; Elektronik und Sensormaterialien: Dipl.-Ing.; Energiesystemtechnik: Dipl.-Ing. sowie Bachelor; Geologie/Paläontologie: neben Diplom auch Bachelor; Geoökologie: neben Diplom auch Bachelor; Geophysik: neben Diplom auch Bachelor; International Management of Resources and Environment: MBA; Network-Computing: Bachelor; Werkstofftechnologie (Gießereitechnik): Bachelor; Wirtschaftsingenieurwesen: Diplom-Wirtschaftsingenieur
- (18.01.) Rudolf Meinhold gestorben, 1966/76 Dozent für Erdölgeologie, 1971 a.o. Professor
- (27.04.) Günther Nölle gestorben, 1969/94 Dozent, ab 1971 Professor für Glastechnik, ab 1992 Wahrnehmung Professur Glas
- (28.10.) Willi Lindenlaub gestorben, 1982 Ehrensenator, 1962/1969 Professor für Organisation und Planung der NE-Metallindustrie, 1969/1979 Professor für Sozialistische Betriebswirtschaft (Grundmittelwirtschaft der Industrie)

■ Roland Volkmer

Personalia



Prof. Dr. Tobias Fieback



Prof. Dr. Andreas Horsch

Neue Prorektoren übernehmen Amt am 1. Oktober 2023

Prof. Dr. Tobias Fieback und Prof. Dr. Andreas Horsch sind ab 1. Oktober neue Prorektoren im Rektorat der TU Bergakademie Freiberg. Prof. Dr. Tobias Fieback übernimmt dabei das Amt vom bisherigen Prorektor für Forschung, Prof. Dr. Jörg Matschullat. Im Rektorat der TU Bergakademie Freiberg ist er

zuständig für Forschung, Internationales und Transfer. Prof. Dr. Andreas Horsch ist neuer Prorektor für Nachhaltigkeit und Kommunikation.

Zum 80. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. H. J. Kretzschmar

Der Geschäftsführer unseres Vereins Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg,
Prof. Dr. Hans-Jürgen Kretzschmar, beging am 22. April seinen 80. Geburtstag

Volker Köckritz, Horst Brezinski

Prof. Dr. Hans-Jürgen Kretzschmar ist in der Fachwelt seit vielen Jahren als Kollege, anerkannter Wissenschaftler und tätiger Ingenieur bekannt und geschätzt.

Er hat nach seinem Studium der Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung an der Bergakademie Freiberg, das er 1967 mit dem Diplom bei Prof. Arnold abschloss, sofort in der Industrie neben seiner praktischen Tätigkeit mit der wissenschaftlichen Arbeit begonnen. Dabei konnte er sich speziell auf dem Gebiet der Strömung von Gasen in porösen Stoffen qualifizieren.

Besonderes Augenmerk legte er frühzeitig auf die numerische Modellierung von Strömungs- und Stoffaustauschprozessen in unterirdischen Reservoirs. Mit seiner 1971 vorgelegten Dissertationsschrift zeigte er schon damals seine ausgezeichneten Kenntnisse und Fertigkeiten bei der Analyse und Lösung von Problemen der Strömung realer Gase in Speichergesteinen.

Während seiner Tätigkeit in der Industrie hat er diese Kenntnisse und Erfahrungen auf naturwissenschaftlichem und mathematischem Gebiet wesentlich erweitert und konnte damit erfolgreich viele ingenieurtechnische Probleme lösen. Beispielhaft seien die zahlreichen Veröffentlichungen genannt, die von Themen über Stofftransport, Solmodellierung, Gebirgsmechanik, Abbauprojektierung, Errichtung und Betrieb von Untertagespeichern bis zur Gasversorgungstechnik reichen.

Als Leiter der Abteilung Gasspeicher/Geotechnologie am Deutschen Brennstoffinstitut in Freiberg bzw. seit 1993 als Geschäftsführer der DBI Gas- und Umwelt-

technik GmbH Leipzig/Freiberg bewies er seine Fähigkeiten auf dem Gebiet der Teamführung und bei der Akquisition von Aufträgen. Bemerkenswert ist die außerordentliche Breite der Aufgabenstellungen und Aufträge, die unter seiner Leitung in diesem Unternehmen bearbeitet wurden.

Ein wesentliches Merkmal der Tätigkeit von Hans-Jürgen Kretzschmar war die Pflege von internationalen Beziehungen. Er hat schon in der Zeit vor der friedlichen Revolution in der damaligen DDR sehr intensiv mit Fachkollegen und Unternehmen aus Polen und der damaligen Tschechoslowakei zusammengearbeitet und Erfahrungen ausgetauscht. In jüngerer Zeit nahm die Anzahl der internationalen Aktivitäten und Publikationen stark zu und fand breite Beachtung und wurde u.a. mit einer Auszeichnung zum 20. Weltgaskongress in Kopenhagen anerkannt.

Sein Engagement in der universitären Lehre und Weiterbildung wurde 2002 mit seiner Ernennung zum Honorarprofessor für das Fachgebiet der Untertagespeichertechnik (Porenspeicher) an der TU Clausthal gewürdigt.

In der weiteren Nachfolge seines akademischen Lehrers Prof. Dr. Arnold, der 1990 maßgeblich an der Wiedergründung des VFF beteiligt war, sah es auch Hans-Jürgen Kretzschmar als eine Pflicht und Ehre an, dem Verein zu „dienen“. So war er nach seinem Beitritt zum VFF im Jahre 1993 viele Jahre als Schriftführer im Vorstand tätig. Nach Beendigung seiner hauptberuflichen Tätigkeit in der Industrie wurde er 2007 zum ehrenamtlichen Geschäftsführer unseres Vereins gewählt. Diese Tätigkeit hat er bis zum heutigen Tage quasi als berufliches Hauptamt ge-

führt. Die Tage, die er nicht im Büro der Geschäftsstelle arbeitet, sind ausgesprochen selten. Unter seiner Führung ist der Verein noch professioneller und erfolgreicher aufgestellt worden. Durch sein konzilianthes Wesen hat er sich viele Freunde erworben und dem Verein zu ungekannter Blüte verholfen. Die Organisation des hundertjährigen Bestehens des Vereins wurde von ihm maßgeblich initiiert und geleitet. Der Verein ist ihm zu großem Dank verpflichtet. Traditionspflege verbunden mit einer zukunftsweisenden Gestaltung des Vereins hat er in idealer Weise umgesetzt. Der Verein kann daher ungeachtet aller gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Turbulenzen optimistisch die künftige Entwicklung angehen.

Wir wünschen ihm und seiner lieben Frau noch viele weitere schöne Jahre im Verein als auch im privaten Leben.



80. Geburtstag unseres Ehrenvorsitzenden Prof. Dr. Klaus-Ewald Holst

Hans-Jürgen Kretzschmar

Am 16. Mai 2023 beging der Ehrenvorsitzende des VFF seinen 80. Geburtstag in Leipzig. Der Vorstand des Vereins gratulierte dem verdienten Jubilar herzlich zu diesem Ehrentag, sprechend für alle Vereinsmitglieder, und

übermittelte die besten Wünsche.

Klaus-Ewald Holst, gebürtig in Neustrelitz, studierte 1962 bis 1967 an der Bergakademie das Fach Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung und schloss dieses als Dipl.-Ing. ab. 1972

wurde er am gleichen Institut unter seinem Lehrer Prof. Werner Arnold über die Thematik zur Gasspeicherung in Salzkavernen promoviert. Direkt nach dem Studium nahm er seine wirtschaftliche Tätigkeit im damaligen VEB Ver-



bundnetz Gas in Leipzig auf. In über 40 Jahren entwickelte er das Unternehmen als VNG AG zum umsatzstärksten im Osten Deutschlands. Entscheidend für diese respektable Entwicklung war sein persönlicher Einsatz für die Unternehmensgestaltung während der friedlichen Revolution 1989/90; er schuf damit sein Lebenswerk als Vorsitzender des Vorstands der VNG AG mit Mut, Entscheidungskraft und Intelligenz; verbunden mit seinem beeindruckenden Habitus der Menschen-Kennntnis und -Wärme. Damit überzeugte er während der Revolutionszeit sehr schnell den Vorstand der Ruhrgas AG in Essen

sowie die deutsche und internationale Gasindustrie und Politik zur raschen Privatisierung der VNG als eines der ersten ostdeutschen AG-Unternehmen. In seinem „Lebenslauf-Buch“ schildert er diesen Ablauf äußerst interessant. Unter seiner Führung gestalteten sich die wichtigen Etappen der ostdeutschen Gaswirtschaft als ein Zweig einer versorgungssicheren und umweltfreundlichen Energiewirtschaft: Umstellung von Stadtgas (Kohlenbasis) auf Erdgas, Ausbau der Gasnetze, Diversifizierung der Gaslieferquellen, Kapazitätsvergrößerung der Erdgasspeicher, effiziente Gasverwendung.

Diese wirtschaftlich-unternehmerischen Erfolge waren ihm aber nur die eine Lebensseite. Seiner Lebens- und Herzausbildung folgend, engagierte er sich stark in kulturell-sozialen Bereichen. Mit dem „Verbundnetz der Wärme“ wurden viele soziale, sportliche, kulturelle und wissenschaftliche Projekte in den fünf östlichen Bundesländern unterstützt. Groß war sein Einsatz für den Freistaat Sachsen, für die Regionen und Städte und nicht zuletzt für „seine“ Alma Mater. Vielfältig waren auch seine internationalen Aktivitäten, besonders in Ländern der Gaslieferung. Für all sein Wirken erhielt er zahlreiche Ehrungen. Das Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland, der Verdienstorden des Freistaats Sachsen, der Königlich

Norwegische Verdienstorden (er wurde 1998 Königlich Norwegischer Konsul, 2005 Honorargeneralkonsul für Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg).

Unermesslich bleibt seine Unterstützung der Lehre und Forschung an „seiner“ TU Bergakademie Freiberg, deren Verbindungen zu ausländischen Hochschulen wie z. B. Trondheim, Krakau, Prag, St. Petersburg er stets im Blick behielt. Seit 1995 ist er Ehrensensator der Universität und von 2009 bis 2014 wirkte er aktiv im Hochschulrat mit. Dem Förderverein der TU Bergakademie trat er 1995 bei und übernahm von 1996 bis 2010 dessen Vorsitz, der sich seitdem im Ehrenvorsitz fortsetzt.

Der VFF würdigte seine Vereinsdienste mit der Verleihung der St. Barbara-Medaille im Jahr 2010.

Wer Klaus-Ewald Holst persönlich kennt, mit ihm gefeiert und gesungen hat, ist von seiner menschlichen Seite begeistert. Umso mehr ist es betrüblich als ihn 2018 ein schwerer gesundheitlicher Schlag traf, den er seitdem mit Mut und Tapferkeit trägt, wozu ihm volle Hochachtung zu zollen ist.

Lieber Klaus-Ewald, für all Dein Lebenswerk, für Deine Wohltaten und Freundschaft grüßen wir Dich zu Deinem markanten Geburtstag in großer Dankbarkeit herzlich mit Glück auf.

Neuberufene Professoren

Frau Prof. Dr.-Ing. Julia Kristin Hufenbach

zur Professorin für Entwicklung und Funktionalisierung metallischer Werkstoffe an der Fakultät 5 (gemeinsame Berufung mit dem IFW Dresden) zum 01.01.2023

Herr Prof. Jens Gutzmer

zum Professor für Erzlagerstättenkunde und Geometallurgie an der Fakultät 3 (gemeinsame Berufung mit dem HZDR) zum 01.04.2023

Herr PD Dr. iur. habil. Robert Frau

zum Professor für Öffentliches Recht, insbesondere Energie- und Umweltrecht an der Fakultät 6 zum 01.09.2023

Frau Dr. Karin Glaser

zur Juniorprofessorin für Biologie/Ökologie an der Fakultät 2 zum 01.10.2023

Herr Dr. Linus Stegbauer

zum Juniorprofessor für Biogene technische Materialien an der Fakultät 5 zum 01.10.2023

Aus dem aktiven Dienst ausgeschieden

Herr Univ.-Prof. Dr. Hermann Ehrlich

Professor für Biomineralogie und Extreme Biomimetik an der Fakultät 5 zum 31.03.2023

Herr Univ.-Prof. Dr. Wolfram Kudla

Professor für Erdbau und Spezialtiefbau an der Fakultät 3 zum 31.03.2023

Herr Univ.-Prof. Dr. Lothar Ratschbacher

Professor für Regionale und Strukturgeologie an der Fakultät 3 zum 31.03.2023

Herr Univ.-Prof. Dr. Gerhard Ring

Professor für Bürgerliches Recht, Deutsches und Europäisches Wirtschaftsrecht an der Fakultät 6 zum 31.03.2023

Herr Univ.-Prof. Dr. Thomas Bier

Professor für Bauchemie und Bauverbundwerkstoffe an der Fakultät 4 zum 30.09.2023

Herr Univ.-Prof. Dr. Ingo Schiermeyer

Professor für Angewandte Diskrete Mathematik an der Fakultät 1 zum 30.09.2023

Ehrung für außergewöhnliche Verdienste – Prof. Dr. Georg Unland und Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer werden Ehrensensoren der TU Bergakademie Freiberg

Ellen Weißmantel

In akademischen Festveranstaltungen des Senats der TU Bergakademie Freiberg wurden am 14. Oktober 2022 mit Herrn Prof. Dr. Georg Unland und am 22. November 2022 mit Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer zwei herausragenden Persönlichkeiten der TU Bergakademie Freiberg die Ehrensensorenwürde der TU Bergakademie Freiberg für ihre außergewöhnlichen Verdienste in der Forschung, Lehre und Förderung der Universität verliehen. Die Veranstaltungen waren von zahlreichen Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik besucht und geprägt von tiefer Dankbarkeit und Anerkennung für das langjährige und unermüdliche Engagement und Wirken der Geehrten.

Zum Ehrensensoren können vom Senat der Universität Persönlichkeiten ernannt werden, „die sich hohe Verdienste um die Universität und die Allgemeinheit erworben haben“. Die Ehrensensorenwürde ist die höchste Ehrung der TU Bergakademie Freiberg. Seit ihrer erstmaligen Verleihung im Jahr 1994, also vor fast 30 Jahren, ist Professor Unland erst die 15. Person, der diese hohe Anerkennung zuteil wird. Etwa genauso lange, seit 1993, ist Professor Unland Professor für Aufbereitungsmaschinen an der TU Bergakademie Freiberg und setzte als Rektor zwischen 2000 und 2008 wichtige Impulse für die langfristige strategische Weiterentwicklung der Universität: Die Verleihung der Ehrensensorenwürde erfolgt in Anerkennung seiner heraus-

ragenden Verdienste um die Technische Universität Bergakademie Freiberg als Hochschullehrer, Wissenschaftler, Visionär und Reformier. Er hat sich um die Entwicklung und Zukunftsgestaltung der Universität sehr verdient gemacht. Als Rektor der TU Bergakademie Freiberg sah sich Professor Unland sowohl der Tradition als auch der Zukunft der Universität als moderne und leistungsfähige nationale und internationale Bildungs- und Forschungseinrichtung verpflichtet. Sein starkes Engagement trug maßgeblich zur weiteren Schärfung des internationalen Profils der TU Bergakademie Freiberg bei. Erstmals formulierte er die vier thematischen Profillinien „Geo-Material-Energie-Umwelt“. Neben seinem nachhaltigen Wirken für die Universität hat sich Professor Georg Unland stets für die Stadt Freiberg selbst und die Region eingesetzt. Mit seinen Kenntnissen der amerikanischen Hochschullandschaft und seinem Ziel, die Universität zu stärken, konnte im Jahr 2002 die Stiftung „Technische Universität Bergakademie Freiberg“ gegründet werden – es war deutschlandweit die erste Stiftung einer Universität. Heute gibt es darin mehrere Stiftungsfonds. So gelang es, im Jahr 2004 die Pohl-Ströher-Mineralienstiftung ins Leben zu rufen. Die im Rahmen dieser Stiftung nach Freiberg übergebene kostbare Mineraliensammlung führte zur Sanierung des Schlosses Freudenstein. Die dort im Oktober 2008 eröffnete bedeutende Mi-



Prof. Dr.-Ing. G. Unland nach der Verleihung der Ehrensensorenwürde am 14. Oktober 2022

neralienausstellung „terra mineralia“ ist ein ganz besonderes Verdienst von Professor Georg Unland. Eine weitere Stiftung, welche im Jahr 2006 gegründet wurde und durch Professor Unland maßgeblich initiiert wurde, ist die Dr.-Erich-Krüger-Stiftung, woraus der Universität ein viele Millionen Euro umfassendes Immobilienvermögen zum Ausbau der Forschung zur Verfügung steht. Im Juni 2008 wurde Prof. Dr. Georg Unland zum Sächsischen Staatsminister der Finanzen in das Kabinett des damaligen sächsischen Ministerpräsidenten Stanislaw Tillich berufen. Anfang 2018 kehrte er als Professor an die TU Bergakademie Freiberg zurück und engagiert sich bis



Prof. Dr.-Ing. G. Unland, Frau Dr. h.c. E. Krüger, Frau Unland (v.l.n.r.) beim Gesang des Steigerlieds als traditionellem Abschluss der Festveranstaltung

heute als Emeritus weiter für die Belange der Universität.

Professor Bernd Meyer ist die 16. Person, die die Ehrensatorwürde der TU Bergakademie Freiberg erhielt. 1994 trat Professor Meyer die Professur für Energieverfahrenstechnik und Thermische Rückstandsbehandlung an der TU Bergakademie Freiberg an. Als anerkannter internationaler Wissenschaftler und Netzwerker hat er viele Großprojekte an die TU Bergakademie Freiberg gebracht, u. a. auch die Fraunhofer Außenstelle Kohlenstoff-Kreislauf-Technologien, die zum Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS gehört.

Während seiner Amtszeit als Rektor hat er die Technische Universität Bergakademie Freiberg nachhaltig geprägt. Er trug maßgeblich zur Weiterentwicklung der vier Profillinien „Geo-Material-Energie-Umwelt“ bei und führte die Marke „TU Bergakademie Freiberg. Die Ressourcenuniversität. Seit 1765“ ein. Darüber hinaus hat er die grundlegen-

den Werte der Nachhaltigkeit, Ausstrahlung und Innovation formuliert.

Seine herausragenden Kontakte in Wissenschaft und Praxis, gepaart mit seinem persönlichen Einsatz und der Fähigkeit, andere für seine Ideen zu begeistern, führten dazu, dass verschiedene interdisziplinäre Projekte zur Stärkung der Sichtbarkeit der Universität im Ressourcenbereich erfolgreich umgesetzt wurden. Unter seiner Führung wurde 2011 das Helmholtz-Institut für Ressourcentechnologie in Freiberg als Außenstelle des Helmholtz-Instituts Dresden-Rossendorf gegründet. Im Jahr 2014 wurde zudem das EIT Raw Materials ins Leben gerufen.

Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Zuschlagserteilung für das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung ZeHS im Jahr 2015. Dank dieser wegweisenden Initiativen konnte die Großforschung erfolgreich an der TU Bergakademie Freiberg etabliert werden.

Während seiner Amtszeit als Rektor

hat Professor Meyer besonderen Wert darauf gelegt, Kontakte zu anderen Universitäten in Rohstoffländern zu knüpfen. Dies zeigt sich deutlich in den zahlreichen Kooperationsvereinbarungen, die während seiner Zeit abgeschlossen wurden, darunter mit Ländern wie der Mongolei, Vietnam und China.

In diesem Zusammenhang entwickelte er auch die Idee internationaler Studienhäuser, die durch großzügige Spenden realisiert wurden.

Professor Meyer genießt sowohl im In- als auch im Ausland ein hohes Ansehen, was sich in zahlreichen Ehrungen widerspiegelt. Dazu zählen unter anderem die Ehrenmedaille des VDI Sachsen im Jahr 2012, die Verleihung des Ehrendokortitels durch die Nationale Bergbauuniversität Dnepropetrovsk in der Ukraine (2012) und die Bergbau-Universität St. Petersburg (2016), Ehrenprofessor der Lomonossow-Universität Moskau (2015), Ehrenwissenschaftler der Russischen Föderation (2015), Auszeichnung als renommierter Wissenschaftler der Chinese Academy of Sciences (CAS) President's International Fellowship Initiative (PIFI) (2018), Ernennung als High-End Foreign Talent der Provinz Shanxi/China (2018), Expert des International Competence Centre for Mining-Engineering Education (UNESCO) (2019). 2018 wurde er zum Gastprofessor am Institut für Clean Coal Technology (ICCT) der East China University of Science and Technology (ECUST) in Shanghai berufen, 2020 zum Gastprofessor der Chinese Academy of Sciences (CAS) am Institut für Coal Chemistry (ICC).

Professor Meyers starkes Engagement für die TU Bergakademie Freiberg trug maßgeblich zur weiteren Schärfung des nationalen und internationalen Profils der Universität als Ressourcenuniversität bei.



Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer, Prof. Dr. Klaus-Dieter Barbknecht (v.l.n.r.) nach der Übergabe der Ehrensatorkette



Der Rektor, Prof. Dr.-D. Barbknecht, und das Ehepaar Meyer während des Festaktes

Verleihung der Ehrennadel der TU Bergakademie Freiberg 2022

Ellen Weißmantel

Die Ehrennadel der TU Bergakademie wird gemäß § 29 der Grundordnung der TU Bergakademie Freiberg durch den Rektor an Einzelpersonen verliehen, die sich um die Universität und/oder ihre Ziele verdient gemacht haben. Zur Beurteilung sind die über die Erfüllung der dienstlichen, beruflichen oder vertraglichen Pflichten deutlich hinausgehenden Leistungen des Vorgeschlagenen zum Wohle der Universität oder zur Förderung ihrer Ziele zugrunde zu legen.¹ Im Jahr 2022 wurden Ehrennadeln in Gold und Silber an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, ehemalige Mitarbeiter, Emeriti (2019, 2020, 2021 und 2022), Prorektoren und Dekane, die 2022 aus dem Amt geschieden sind, durch den Rektor verliehen²:

Prof. Dr. Jürgen Bast
Gold

Prof. Dr. David Rafaja
Gold

Prof. Dr. Michael Eiermann
Gold

Prof. Dr. Konrad Froitzheim
Gold

Prof. Dr. Elias Wegert
Gold

Prof. Dr. Bruno Schönfelder
Gold

Prof. Dr. Udo Hebisch
Gold

Prof. Dr. Michael Stelter
Gold

Prof. Dr. Rudolf Kawalla
Gold

Prof. Dr. Matthias Reich
Gold

Prof. Dr. Bernd Meyer
Gold

Prof. Dr. G. Schüürmann
Gold

Dr. Andreas Kluge
Silber

Uwe Schellbach
Silber

Dr. Thomas Kuchling
Silber

Dana Gehler
Silber

Sophie Poprawa
Silber

Dr. Jens Grigoleit
Silber

Yulia Dolganova
Silber

Tino Beyer
Silber

Dipl.-Math. Simone Tochtenhagen
Silber

Petra Schilling
Silber

Johanna Luise Richter
Silber

Romy Grafe
Silber

- 1 Ordnung zur Verleihung der Ehrennadel der TU Bergakademie Freiberg
- 2 2022 wurden mehr als in der Ordnung zur Verleihung der Ehrennadel der TUBAF festgelegten 15 Personen pro Jahr die Ehrennadel verliehen, da coronabedingt keine Auszeichnungen in den Jahren 2020 und 2021 stattfanden.



Verleihung der Ehrennadel durch den Rektor zur Mitgliederversammlung der TU Bergakademie Freiberg am 11. Mai 2022; Hr. Prof. Barbknecht, Hr. Dr. Kuchling, Hr. Dr. Grigoleit, Hr. Beyer, Fr. Gehler, Hr. Schellbach, Fr. Dolganova, Fr. Grafe, Hr. Dr. Kluge (v.l.n.r.)

Prof. Dirk Meyer in die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig aufgenommen

Pressestelle der TU Bergakademie Freiberg

Prof. Dirk C. Meyer wurde als eines von drei neuen Mitgliedern bei der Öffentlichen Frühjahrssitzung der Akademie Mitte April 2023 in die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse aufgenommen.

Prof. Dirk C. Meyer ist seit 2011 Direktor des Instituts für Experimentelle Physik der TU Bergakademie Freiberg und seit 2015 Wissenschaftlicher Sprecher des Zentrums für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung (ZeHS), dessen Einwerbung im bundesweiten Wettbewerb als Prorektor in der Zeit von 2010 bis 2015 verantwortlich bei ihm lag. Die Aufnahme in die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig ist eine

hohe wissenschaftliche Auszeichnung. Aufgenommen werden national und international ausgewiesene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die durch ihre Forschungen zu einer wesentlichen Erweiterung des Wissensbestands ihres Faches beigetragen haben. Die Mitgliedschaft ermöglicht Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern einen interdisziplinären Erfahrungsaustausch.

Weitere ordentliche Mitglieder der Akademie, die an der TU Bergakademie Freiberg lehren und forschen sind (in alphabetischer Reihenfolge): Prof. Christos Aneziris, Prof. Martin Bertau, Prof. Horst Biermann, Prof. Casten Drebenstedt, Prof. Bernd Meyer.



Prof. Dirk C. Meyer wurde im April 2023 in die Sächsische Akademie der Wissenschaften aufgenommen.

Grashof-Denkmünze für Professor Bretthauer

Michael EBlinger, Dietrich Stoyan

Georg Bretthauer war von 1992 bis 1997 Professor für Regelungs- und Steuerungstechnik und Direktor des Instituts für Automatisierungstechnik an der TU Bergakademie Freiberg. Danach war er bis zu seiner Emeritierung Professor für Angewandte Informatik und Automatisierungstechnik an der Universität Karlsruhe (heute KIT). Hier leitete er das Institut für Angewandte Informatik (IAI) am Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) und das neu gegründete Institut für Angewandte Informatik/Automatisierungstechnik (AIA) der Universität Karlsruhe. Er wurde am 25. Mai 2023 in Berlin mit der Grashof-Denkmünze des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) für sein berufliches Lebenswerk ausgezeichnet. Nach Gustav Zeuner ist er der zweite „Freiberger“, der diese seit 1894 vergebene höchste Auszeichnung des VDI erhalten hat. Damit wurde vor allem die durch ihn im Verbund mit Kollegen der Technischen Mechanik, der Elektrotechnik und der Informatik bewirkte Einführung der Mechatronik als universitäre Studienrichtung sowie der Studienrichtung Medizintechnik im universitären Bereich in Deutschland gewürdigt.

International anerkannt sind Brett-

hauers Forschungsergebnisse in der Medizintechnik. Dazu zählen neben der Künstlichen Hand und dem Künstlichen Akkommodationssystem (die dynamische Scharfstellung des Auges) unter anderem die Entwicklung und Erprobung einer adaptiven Nervenprothese zur Regeneration von Nervenläsionen. Zu Bretthauers früheren Auszeichnungen gehören die Ehrenprofessur am Beijing Institute of Technology sowie Ehrendoktorate der Universität Magdeburg und der Medizinischen Universität Graz. Ferner ist er Träger des Ehrenrings des Verbands der Elektrotechnik (VDE) und der Otto-Winkler-Medaille der Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und damit der



Georg Bretthauer erhält die Grashof-Denkmünze 2023 vom Präsidenten des VDI, Lutz Eckstein, für seine zukunftsweisenden wissenschaftlichen Leistungen

jeweils höchsten Auszeichnungen der beiden wissenschaftlichen Gesellschaften.

In seiner Dankesrede sagte er über seine Zeit in Freiberg: „Ich wurde nach der Wende 1992 Professor in Freiberg. Und da sagten der damalige Rektor und mein Dekan Werner Willmann nach der Verbeamtung zu mir: ‘Herr Kollege, merken Sie sich bitte eins: Kommen Sie mal von dem hohen Olymp herunter, Sie sind jetzt bei Berg- und Hüttenleuten. Und denen müssen Sie den PID-Regler erklären, auf keinen Fall Zustandsraum oder irgendwas Nichtlineares.’ Der PID-Regler ist millionenfach eingesetzt, und die Buchstaben P (für proportional), I (für den integralen Anteil) und D (für den differenzierenden Anteil) entsprechen unseren menschlichen Fähigkeiten.“ Dann erklärte Bretthauer sehr anschaulich deren Bedeutung in der Praxis.

Er berichtete sehr lebhaft über die von ihm in Freiberg angebotene Ausbildung. Neben der neuen Vorlesung „Einführung in die Mechatronik“ und der klassischen Grundlagenvorlesung in Mess- und Regelungstechnik mit Modellierung und dem PID-Regler behandelte er auch adaptive Regelsysteme,

weil – wie er sagte – „die Studenten auch mit den modernen regelungstechnischen Methoden vertraut gemacht werden müssen“. Zusätzlich führte er damals zwei neue Vorlesungen „Computational Intelligence I und II“ ein, in denen er die Studenten mit Fuzzy Logik und Fuzzy Control sowie Künstlichen Neuronalen Netzen und Evolutionären Algorithmen vertraut machte. Diese heute zur Künstlichen Intelligenz ge-

rechneten Vorlesungen gab es damals nur an ganz wenigen deutschen Universitäten. Das ging nach seinen Worten, „wenn’s auch nur Berg- und Hüttenleute waren“, die aber mit großer Begeisterung dabei waren.

Stolz berichtete er in seiner Rede auch über Industrie-Projekte und namentlich über seine Zusammenarbeit mit dem „ehemaligen Chef vom Freiburger Brauhaus. Der hat es mir nämlich

ermöglicht, mit mehreren Leuten die modernste Brauerei, die in Freiburg, vollständig automatisieren zu können“.

Die in Freiburg in der Lehre und in der Forschung erzielten Ergebnisse erregten so viel Aufsehen, dass man ihn als Professor nach Karlsruhe berief.

Seine enge Verbindung mit Freiburg hat er seitdem nie abreißen lassen. Wir gratulieren ihm sehr herzlich zu dieser hohen Auszeichnung.

Gastprofessorin Prof. Hiroko Makita

Ellen Weißmantel, Thomas Bier

Prof. Hiroko Makita von der „Tokyo University of Marine Science and Technology“ forschte ab November 2022 für 3 Monate im Rahmen des sächsischen Gastprofessorinnenprogramms am Lehrstuhl für Bauchemie und Bauverbundwerkstoffe der TU Bergakademie Freiberg.

„Insbesondere das am Lehrstuhl laufende DFG-Projekt „Biogene Mineralisation in zementären Systemen: Auswirkungen auf Selbstheilungsmechanismen und Dauerhaftigkeit“ profitierte von ihrer fachlichen Kompetenz“, sagte Gastgeber Prof. Thomas A. Bier, Inhaber der Professur für Bauchemie und Bauverbundwerkstoffe. In den Freiburger Baustoff-Laboren führte Prof. Hiroko Makita dafür Experimente zur Wechselwirkung von Bakterienkulturen mit Zementsuspensionen durch. „Baustoffe sind in feuchtem oder wässrigem Milieu häufig Mikroorganismen, das heißt Bakterien oder Pilzen, ausgesetzt. Die Aktivität der Mikroorganismen kann für mineralogische, chemische und strukturelle Veränderungen am Material verantwortlich sein“, erklärte die Gastprofessorin. Gleichzeitig können Mikroorganismen positive Auswirkungen auf den pH-Wert, die

Leitfähigkeit und die Wärmeentwicklung und damit auf die sogenannte Selbstheilung der Baumaterialien haben: „Durch die gezielte Zugabe von Bakteriensuspensionen untersuchen wir die Wechselwirkungen und die Frage, wie diese zur Entwicklung von nachhaltigeren Zementen und Betonen genutzt werden könnten.“

Erfahrungen an Studierende weitergeben

Während ihres Aufenthalts an der TU Bergakademie Freiberg präsentierte Prof. Hiroko Makita außerdem innerhalb einer Vorlesungs-/Seminarreihe für Studierende und Forschende sowohl ihre Arbeitsgebiete als auch die dementsprechende Entwicklung als Forscherin. Themen waren beispielsweise „Research on the ecology of marine microorganisms and their utilization“ und „Introduction of my career steps and workplace - Invitation to research on microorganisms inhabiting deep-sea environments“. Im Rahmen des Coachingprogramms der Graduierten- und Forschungsakademie der Universität „Junge Frauen an die Spitze“ berichtete sie von

ihren Erfahrungen in der Wissenschaft.

Hintergrund: Gastprofessorinnenprogramm Sachsen

Das Gastprofessorinnenprogramm Sachsen unterstützt Wissenschaftlerinnen, die für drei bis sechs Monate an sächsischen Hochschulen hochkarätige Forschungsarbeiten umsetzen und ihre wissenschaftliche Reputation steigern möchten. Das Gastprofessorinnenprogramm zielt darauf ab, exzellente internationale und nationale Wissenschaftlerinnen für die Forschung und Lehre an sächsischen Hochschulen zu gewinnen sowie den Frauenanteil an den Professuren der sächsischen Hochschulen zu erhöhen. Das Programm richtet sich an bereits berufene (inter)nationale Professorinnen und herausragende (inter)nationale Wissenschaftlerinnen aller Fachdisziplinen, die die Voraussetzungen für eine Berufung bereits erfüllen oder eine vergleichbare Qualifikation im Rahmen einer Forschungstätigkeit in der Wirtschaft erlangt haben. Das Stipendium umfasst Personalkosten, Reisekosten und Sachkosten.



Für 3 Monate forschte die Gastprofessorin am Lehrstuhl für Bauchemie und Bauverbundwerkstoffe.



Prof. Hiroko Makita bei ihrer Forschungstätigkeit im Labor.

Zum 95. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Gerd Grabow – verdienter Hochschullehrer und Initiator der Traditionspflege an der TU Bergakademie Freiberg

Rhena Wulf

Professor Gerd Grabow wurde am 15. September 1928 in Weißenfels geboren und besuchte dort die Volks- und Mittelschule. 1946 erlernte er den Beruf eines Drehers im Reichsbahnausbesserungswerk Halle. An der Arbeiter- und Bauernfakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg legte er 1949 das Abitur ab. Danach folgte an der Technischen Hochschule Dresden das Studium des Maschinenbaus in der Fachrichtung Kraft- und Arbeitsmaschinen mit dem Abschluss als Diplomingenieur im Jahre 1953. Anschließend nahm er seine praktische Tätigkeit im Zentralen Entwicklungs- und Konstruktionsbüro in Halle auf.

Während seiner fast 20-jährigen Beschäftigung am Kombinat Pumpen und Verdichter Halle hat er sich mit einer Vielzahl wissenschaftlich-technischer sowie ökonomischer Problemstellungen zu Fragen der Entwicklung und des Einsatzes von Pumpen und Verdichtern in den verschiedenen Industriezweigen beschäftigt. So hat er sich in seinen wissenschaftlichen Arbeiten u.a. auf Probleme der Wirkungsgraderhöhungen bei Kreiselpumpen und -verdichtern, die konstruktive Gestaltung von Bauelementen ein- und mehrstufiger Kreiselpumpen zur Förderung von Flüssigkeiten und Gasen sowie Untersuchungen zur Effektivitätssteigerung im technologischen Ablauf der verschiedenartigsten Fertigungsprozesse konzentriert.

Von 1958 bis 1972 hielt er als Lehrbeauftragter Vorlesungen und Spezialseminare im Bereich des Fluidmaschinenbaus an der Sektion Dieselmotoren, Pumpen und Verdichter der Technischen Hochschule Magdeburg. Im Jahre 1972 wurde er als ordentlicher Professor für das Fachgebiet „Energiewandlungsmaschinen“ an die Bergakademie Freiberg berufen. Hier beschäftigte er sich weiterhin mit Fragen der Optimierung von Pumpen und Verdichtern für eine breite Palette von Einsatzgebieten in den einzelnen Industriezweigen, vor allem in der Montanindustrie und der Energiewirtschaft.

Durch die Neuprofilierung seines Auf-

gabengebiets wurden von Professor Grabow ab 1975 umfangreiche theoretische und experimentelle Untersuchungen an hydraulischen und hydro-pneumatischen Fördersystemen zur Durchführung des Feststofftransports in unterschiedlichsten Rohrleitungssystemen aufgenommen. In regelmäßig stattfindenden Konsultationen wurden den Praktikern Hinweise bezüglich der Anwendung der verschiedenen hydraulischen Förderverfahren gegeben, z.B. in den Bereichen der Lufthebetechnik in der Braunkohlenerkundung und der Meerestechnik.

Im Jahre 1977 übernahm er im Rahmen einer Umberufung zusätzlich das Fachgebiet „Technische Thermodynamik“ für die Ausbildung der Studenten in den verschiedenen Sektionen der Bergakademie Freiberg. Sein neuer Lehrstuhl trug nun den Namen „Grundlagen der Energieumwandlungsprozesse und Technische Thermodynamik“. Gleichzeitig wurde in diesem Zusammenhang ein neuer Wissenschaftsbereich unter seiner Leitung für das Gebiet „Grundlagen der Energieumwandlung“ gegründet, in dem organisch die Grundlagendisziplinen Technische Thermodynamik, Strömungsmechanik sowie die Energieumwandlungsprozesse vereint waren. Bei seiner Lehrtätigkeit als Professor an der BA Freiberg führte er die Studierenden im Rahmen der Lehrveranstaltungen – aufbauend auf dem neusten Stand der Technik – an die praxisgebundenen Problemstellungen auf dem Gebiet der Energiewandlungsmaschinen heran. Er arbeitete neue Lehrkonzeptionen aus, um eine höhere Qualität in der Wissensvermittlung zu erzielen. Dazu gehörte die Weiterentwicklung didaktischer Methoden, die sich zum Beispiel im Einsatz moderner audiovisueller Lehr- und Hilfsmittel sowie in Anschauungs- und Funktionsmodellen der verschiedensten Wirkprinzipien von Pumpen und Verdichtern widerspiegeln. In Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen in der Lehre wurde ihm 1995 der Julius-Weisbach-Preis der TUBAF verliehen.

Die Ausbildung des wissenschaftli-

chen Nachwuchses war Prof. Grabow immer besonders wichtig. Es war ihm eine Selbstverständlichkeit, die junge Generation in die Lösung von Forschungsproblemen einzubeziehen. Er betreute persönlich 14 Doktoranden, die er bis zum Promotionsabschluss führte und fertigte viele weitere Gutachten für Promotionen, Habilitationen und im Rahmen von Berufungsverfahren an.

Im Zuge der Traditionspflege an der Bergakademie Freiberg setzte sich Professor Grabow maßgebend für den Wiederaufbau der Modellsammlung für den Bergbau und das Hüttenwesen ein. Er restaurierte 12 vorhandene Modelle des Montanmaschinenbaus und baute eigenständig detailgetreue Modelle des „Schwarzenberg-Gebläses“ und des „Kastengebläses“. Seinem persönlichen Einsatz ist es zu verdanken, dass die „Weisbach-Sammlung“ im Jahre 1987 restauriert und neu in den Räumen des Weisbach-Baus aufgestellt werden konnte.



Foto: Uwe Laux

Während seiner langjährigen Tätigkeit in der Industrie und als Hochschullehrer an der TUBAF hat er die Ergebnisse seiner umfangreichen wissenschaftlichen Arbeiten in 250 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und als Autor und Mitautor in 18 Büchern, Lehrbriefen und Leitfäden dargelegt. Er war Inhaber von drei Wirtschaftspatenten, die neue Wirkprinzipien auf dem Gebiet des Pumpen- und Verdichterbaus zum Inhalt hatten. Im Jahre 1979 wurde Professor Grabow in Anerkennung hervorragender wissenschaftlich-technischer Leistungen mit dem Ehrentitel „Verdienter Techniker des Volkes“ ausgezeichnet. Für seine ge-

zeigten wissenschaftlichen Leistungen erhielt er im Kollektiv 1987 den Wissenschaftspreis der BA Freiberg zu dem Forschungskomplex „Optimierung von Seitenkanalpumpen“.

Wenn auch das Berufsleben von Professor Grabow mit seinem 65. Lebensjahr beendet war, so trifft das sicher nicht für sein weiteres fachliches Wirken im Dienst der Technischen Wissenschaften zu. Das besondere Augenmerk hat Professor Grabow im Ruhestand auf die Traditionspflege an der TUBAF gerichtet. Seit über 25 Jahren hat er in zahlreichen Zeitschriften und Zeitungen mehrere hundert historische Beiträge über bedeutende Persönlichkeiten als Forscher und Lehrende vor allem auf dem Gebiet des Bergbaus und Hüttenwesens und der Montanindustrie veröffentlicht.

Die Darstellung des Wirkens von Professor Grabow wäre unvollständig, wenn man nicht auch ein Blick auf seine Person richten würde. Sein aufgeschlossenes und offenerherziges Wesen zog nicht nur die Studenten besonders an, sondern es verhalf ihm auch zu einem großen Freundeskreis. Wer Professor Grabow näher kennen lernen durfte schätzt nicht nur seine wissenschaftlichen Leistungen und die Vielzahl seiner Publikationen, sondern vorrangig die Persönlichkeit Gerd Grabow, die Freunden, Schülern, Studierenden und Fachkollegen ein Vorbild war und ist.

Zum Ehrenkolloquium, welches am 15.09.2023 anlässlich seines 95. Geburtstags am Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen der TUBAF stattfand, waren daher über 100 Fachkollegen, Freunde, Schüler und An-

gehörige gekommen. Professor Rüdiger Schwarze, Direktor des Instituts für Mechanik und Fluidodynamik, sowie Professor Tobias Fieback, Dekan der Fakultät 4, würdigten in ihren Grußworten das Wirken von Prof. Grabow als Lehrender und Wissenschaftler sowie die Aktualität der wissenschaftlichen Fragestellungen, die Prof. Grabow untersucht hat. SPD-Stadtrat und Ex-Bürgermeister Dr. Arndt Böttcher, der zu den Doktoranden gehört, die Prof. Grabow zur Promotion geführt hat, hob in seinem Beitrag die intensive persönliche Betreuung, die wertvollen Anregungen und die verständnisvolle Unterstützung durch seinen Doktorvater hervor. Annett Wulkow Moreira da Silva überbrachte nicht nur die Glückwünsche des Vereins der Freunde und Förderer der TUBAF, sondern ging als Leiterin des Universitätsarchivs speziell auf den Beitrag des Jubilars zur Traditionspflege der TUBAF und im Bereich der Montanindustrie ein. Seine Publikationen zu bedeutenden Persönlichkeiten und zum Jubiläum der TUBAF haben dazu beigetragen, die Geschichte der Bergakademie Freiberg in der breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen. Andreas Kahl, Vorsitzender des Vereins Königlich Sächsische Antonshütte e.V., verwies darauf, dass das Model des „Schwarzenberg-Gebläses“ in Breitenbrunn/Antonstal einen würdigen Platz gefunden und dort besichtigt werden kann.

Es war der ausdrückliche Wunsch von Prof. Grabow, in das Ehrenkolloquium auch Fachbeiträge aus seinem Wissenschaftsgebiet zu integrieren. Vier junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzten daher die Gelegenheit, mit

hochinteressanten Vorträgen ihre aktuellen Forschungsthemen aus dem Bereich der Strömungsmaschinen vorzustellen. Dabei gab es viele Anknüpfungspunkte an die wissenschaftlichen Vorarbeiten von Prof. Grabow. Anschließend ließ es sich der rüstige Jubilar nicht nehmen, in einem beeindruckenden Vortrag selbst über sein Leben als Hochschullehrer und Forscher zu berichten. In lebendiger Vortragsweise und gewürzt mit zahlreichen Anekdoten faszinierte er das Auditorium und zeigte die Schwerpunkte aus Lehre und Wissenschaft auf, die ihm in seiner langjährigen Tätigkeit besonders am Herzen lagen. Am Ende gab er erstmals Einblicke in ein geliebtes Hobby. Schon in jungen Jahren zeichnete er gern mit Bleistift und Tusche und hat diese Beschäftigung, soweit es seine Zeit erlaubte, auch im späteren Leben fortgesetzt. Seine Bilder – von Tier- und Pflanzendarstellungen über technische Motive bis hin zu Portraits – zeigen sein künstlerisches Talent und seine Liebe zum Detail.

Prof. Grabow konnte an seinem Ehrenstag die herzlichen Gratulationen seiner zahlreichen Gäste entgegennehmen, die immer verbunden waren mit den besten Wünschen für weitere Gesundheit und persönliches Wohlergehen. Einem Herzenswunsch des Jubilars folgend, haben die Gäste ihre Blumen in eine Spende für die Freiburger Werkstätten „Friedrich von Bodenschwingh“, einer staatlich anerkannten Werkstatt für behinderte Menschen beim Diakonischen Werk der Ev.-Luth. Landeskirche Sachsens im Kirchenbezirk Freiberg e.V. umgewidmet.



Medaillenstifter der TU BAF Hermann Brede – 100 Jahre alt

Reiner Hoffmann, Wilhelm Lodl

Der Bremer Architekt Hermann Brede feierte am 24.02.2023 seinen 100. Geburtstag. Als Architekt mit Sinn für schönes Gestalten fielen ihm die gekonnt gestalteten Sächsischen Bergbaugepräge, wie Ausbeutemedailen, z. B. von der Grube St. Anna, der Altväter Fundgrube und der Grube Beschert Glück, aber auch die Gedenkmedaillen der TU Bergakademie Freiberg auf. Infolge dieser Erkenntnis sammelte er über viele Jahrzehnte diese Gepräge und stellte eine stattliche Sammlung zusammen, deren wesentlichste Teile er in mehreren Zustiftungen um das Jahr 2016 an den Altbestand der Bibliothek der TU Bergakademie Freiberg übereignete und über mehrere Zustiftungen kontinuierlich großzügig ergänzte. Wesentliche Lücken der Medaillensammlung des Altbestands konnten dadurch geschlossen werden. Diese Zustiftungen stellen eine Ergänzung der Sammlung von Abraham Gottlob Werner dar, dem Begründer der Freiburger Mineralogie.

Der Sächsische Ministerpräsident Stanislaw Tillich ehrte Hermann Brede mit der Verleihung des Sächsischen Verdienstordens am 01.06.2016. Herr Brede konnte leider aus gesundheitlichen Gründen an der Verleihungsveranstaltung in Dresden nicht teilnehmen. Der Rektor der Bergakademie

Prof. Barbknecht überreichte ihm diese Ehrung deshalb in Bremen. Herr Brede trug sich 2015 in das Ehrenbuch der TU Bergakademie Freiberg ein.

Zur Architektur kam Herr Brede nach der Entlassung aus der amerikanischen Kriegsgefangenschaft eher durch Zufall. Nach dem Studium an der Technischen Hochschule Braunschweig gründete er Ende der 1950er Jahre ein eigenes Architekturbüro. Zahlreiche Gebäude in Bremen und Umgebung zeugen von der Leistungsfähigkeit die-

ses Büros. Er war Mitglied im Kreis junger aufstrebender Architekten, dem „Zementring“. Den Bund Deutscher Architekten (BDA), Landesverband Bremen, leitete er von 1962 bis 1984. Er war auch Mitschöpfer des BDA-Architekturpreises des Landes Bremen.

Eine kleine Delegation aus Freiberg überraschte ihn an seinem Geburtstag in Bremen, ehrte ihn mit Geschenken und einem kleinen Ständchen, dessen Abschluss natürlich das Freiburger Steigerlied war.



Der Jubilar an seinem 100. Geburtstag

Nachruf auf Prof. Dr. rer. nat. habil. Christian Oelsner

Mit Prof. Christian Oelsner ist ein national und international anerkannter Wissenschaftler und Hochschullehrer am 9. Januar 2023 im Alter von 88 Jahren von uns gegangen.

Christian Oelsner wurde 1934 in Freiberg geboren, legte 1952 sein Abitur ab und studierte von 1952 bis 1957 Geophysik an der Bergakademie Freiberg. Er blieb sein ganzes Leben mit der Hochschule und der Bergstadt Freiberg verbunden.

Nach kurzer Tätigkeit beim VEB Geophysik Leipzig von 1957 bis 1960 in den Abteilungen Gravimetrie und Seismik wurde er wissenschaftlicher Assistent bei Prof. Meißer und promovierte 1964 zum Dr. rer. nat. an der Bergakademie

Freiberg zum Thema „Schlagseismische Untersuchungen unter Tage zur Bestimmung physikalischer Eigenschaften des Gebirges in situ“.

Als wissenschaftlicher Mitarbeiter (1964-1966) in den Arbeitsrichtungen Ingenieurgeophysik und Geothermie am Institut für Geodynamik Jena, Außenstelle Freiberg, beschritt Christian Oelsner neue Wege in Forschung und Lehre. Im Zuge der „Hochschul- und Akademiereform“ erfolgte die Übernahme des Forschungsbereichs durch die Bergakademie Freiberg.

National und international gehörte er zu den Pionieren der geothermischen Erkundung. So habilitierte er 1970 mit einer Arbeit zur geothermischen Ober-

flächenprospektion mittels IR-Strahlungstemperaturen und widmete sich der geothermischen Energiegewinnung aus Grubenwässern sowie der tiefeingeothermischen Erschließung des geologischen Untergrunds mittels „Hot Dry Rock Verfahren“.

Christian Oelsner war Mitherausgeber und Autor einer Monografie „KAPG Monograph Geoelectric Geothermal Studies in Osteuropa und dem östlichen Teil Sowjet-Asiens“ (1978). Über ein Verfahren zum Nachweis und zur Lokalisierung von Hohlräumen besitzt er die Patentrechte. Die Grundlagen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit sind im Handbuch zur Erkundung des Untergrunds von Deponien und Altlasten, Band 3 - Geophysik, in



den Kapiteln „Geothermik“ und „Radiometrie“ publiziert. Aus der internationalen Kooperation erwachsen zahlreiche freundschaftliche Kontakte zu Berufskollegen, die lebenslang Bestand hielten.

Für seine Verdienste wurde er im Kollektiv 1981 mit dem Wissenschaftspreis Stufe 2 der Bergakademie Freiberg geehrt.

1982 erfolgte die Erteilung der Facultas Docendi und die Berufung zum a.o. Dozenten für das Fachgebiet Angewandte Geophysik an der Bergakademie Freiberg. Die Studenten, Doktoranden und Mitarbeiter des Geophysikinstituts schätzten Christian Oelsner nicht nur wegen seiner Fachkenntnis, sondern auch wegen seines offenen, kameradschaftlichen und hilfsbereiten Umgangs. Gesellige und sportliche Aktivitäten fanden stets seine Unterstützung, wobei er selbst auch zeitweilig im Sport, vor allem im Skilaufen, seine Freude gefunden hat.

Als Betreuer von zahlreichen Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten verstand er

es, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu motivieren und für die Aufgaben zu begeistern, aber auch ehrliche Kritik zu üben als auch anzuerkennen. Hervorzuheben ist dabei seine stete Suche nach neuen Forschungsansätzen und geophysikalischen Untersuchungsmethoden. Politische Zwänge hat Christian Oelsner abgelehnt, so dass eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zu jeder Zeit gegeben war.

Die Berufung zum ordentlichen Professor neuen Rechts erfolgte rückwirkend in 1991. Das Amt des Lehrstuhlinhabers für Angewandte Geophysik übte Christian Oelsner bis zum Jahre 2000 aus. Innerhalb dieser Zeit fungierte er von 1990 bis 1994 als Dekan des Fachbereichs Geowissenschaften und von 1991 bis 1999 als Direktor des Instituts für Geophysik der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau. Auch als Pensionär nahm er noch regen Anteil am Wissenschaftsgeschehen. Leider verhinderte seine schwere Krankheit die Fortführung eigener wissenschaftlicher Anliegen.

Christian Oelsner engagierte sich ferner in hohem Maße für den „Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e.V.“ (VFF). Seit der Wiedergründung des VFF war Christian Oelsner als dessen stellvertretender Vorsitzender bis zum Jahr 2007 tätig. Er übernahm in den Jahren 2005 bis 2007 die alleinige Geschäftsführung des Vereins, die er in

der Zeit von 1996 bis 2005 gemeinsam mit Prof. Eckart Flemming getragen hatte. Die Herausgabe der VFF-Zeitschrift ACAMONTA gestaltete Prof. Oelsner bis zum Jahr 2000 gemeinsam mit dem VFF-Vorsitzenden Prof. Werner Arnold, um anschließend bis zum Jahr 2005 als Chefredakteur dieser Zeitschrift zu wirken. In seiner dem Verein gewidmeten Führungszeit wuchs die Mitgliederzahl von 17 (1990) auf über 1.000 (2007), wurden knapp 0,9 Mio. € Fördermittel an die TU Bergakademie ausgegeben sowie fast 2 Mio. € an Zweckprojekten für die Universitätsangehörigen verwaltet.

Nicht nur diese Zahlen belegen das sehr erfolgreiche Wirken von Prof. Oelsner für die Entwicklung des Fördervereins bis zu seinem krankheitsbedingten Niederlegen dieser genannten Führungsaufgaben im Jahr 2007; danach blieb er weiterhin Mitglied im VFF-Vorstand. Im Jahr 2007 würdigte der VFF seine enormen Vereinsverdienste mit der Verleihung der St. Barbara-Medaille. Der VFF ist Prof. Oelsner zu hohem Dank für sein 17-jähriges Wirken verpflichtet.

Mit Prof. Christian Oelsner hat die TU Bergakademie Freiberg einen engagierten Hochschullehrer und Wissenschaftler verloren. Wir werden sein Andenken in ehrender Erinnerung behalten.

■ Steffen Wagner, Hans-Jürgen Kretzschmar

Nachruf für Prof. Dr. Christian Straßburger

* 21.04.1932 in Freiberg, † 07.02.2023 in Dinslaken

Christian Straßburger wurde als Sohn eines Handwerkers in Freiberg geboren. Seine Kindheit und Schulzeit waren durch den 2. Weltkrieg und die Turbulenzen der Nachkriegszeit überschattet. Seine Eltern ermöglichten ihm die gymnasiale Bildung am Geschwister-Scholl-Gymnasium Freiberg. Nach der bestandenen Reifeprüfung nahm er ein Studium an der Bergakademie Freiberg auf. 1951 wurde er in der Fachrichtung Eisenhüttenwesen immatrikuliert, nachdem er ein 1-jähriges Vorpraktikum absolviert hatte. Nach dem Vordiplom und einem Praktikum bei dem Deutschen Edelstahlwerk Krefeld setzte er sein Studium an der Bergakademie Clausthal fort, wo er auch sein Diplom ablegte. Unmittelbar danach wurde er als Fachingenieur in der Versuchsanstalt der August-Thyssen Hüt-

te AG in Duisburg-Hamborn tätig. 1967 wurde er dort Chef der Abteilung Werkstoffprüfung und Stahlentwicklung, 1969 Chef des Bereichs Metallurgie und in der Folgezeit Direktor des Gesamtbereichs Forschung und Qualitätswesen der Thyssen Stahl AG. Wissenschaftlich profilierte er sich, indem er an der TU Clausthal promovierte, 1976 habilitierte, dort zunächst 4 Jahre Privatdozent war und 1980 außerplanmäßiger Professor für Metallurgie und Werkstoffwissenschaft wurde.

Durch seine berufliche Tätigkeit bei der Thyssen AG in verschiedenen betrieblichen Funktionen und Verantwortungspositionen wurde er zu einem profunden Kenner der Stahlmetallurgie und Werkstofftechnik. Seine wissenschaftlichen Publikationen in Fachzeitschriften fanden weltweite Anerkennung und Beach-

tung. Er hat der Stahlindustrie wichtige Impulse bei der Umgestaltung zu einer effizienten rationellen Produktion von Qualitätserzeugnissen höherer Güte gegeben. Viele technische Neuerungen sind durch ihn initiiert in die Industrie eingeführt worden und haben zu einer beachtlichen Modernisierung der Wirtschaft beigetragen. Er hat maßgeblichen Anteil, dass die Stahlerzeugung in NRW und darüber hinaus in Betrieben der stahlverarbeitenden Industrie eine hohe Leistungsfähigkeit erlangt haben.

In bemerkenswerter Art hat er sich für die Erhaltung der Bergakademie Freiberg als Lehr- und Forschungsstätte eingesetzt und als Externer bei der personellen, strukturellen und wissenschaftlichen Erneuerung mitgewirkt. Bei zahlreichen Beratungen über die Ausrichtung der

Dr.-Ing. Straßburger zum apl. Professor ernannt

Zu Beginn des Wintersemesters 1988/89 wurde Dr.-Ing. Straßburger zum apl. Professor für das Fachgebiet „Werkstoffkunde der Metalle“ ernannt. Dr. Straßburger begann das Studium der Elektrotechnik im Jahr 1951 an der Bergakademie Freiberg und setzte es nach dem Diplom-Vorleser im Jahr 1954 an der damaligen Bergakademie Clausthal fort.

Nach dem Diplom-Vorleser war er zunächst in der Versuchsanstalt der August-Thyssen-Hütte AG in Düsseldorf-Hamborn, wo er sich mit der Qualitätskontrolle von Hochleistungsmetallen, Profilen, Schweißverbindungen, Verschleißstudien und später mit Aufgabengebieten der Oberflächenwissenschaften beschäftigte. In dieser Zeit fertigte Straßburger seine Dissertation mit dem Titel: „Werkstoffprüfung von Vandalium für Bremsband mit Einsatzfall nach dem Kupfer-Eisen-Verfahren“ an. Am 17. Dezember 1960 wurde Straßburger zum Dr.-Ing. der Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen der Bergakademie Clausthal promoviert.

In der Folgezeit wurde Dr. Straßburger von der Deutschen Air Force in Zusammenarbeit mit der Abteilung Metallkunde der TU Clausthal an der Universität Clausthal für die Entwicklung der z. B. Stahl- und Aluminium-Schweißverbindungen der verschiedensten Typen entwickelt worden (z. B. Aluminium-Mischlegungen).

Medizinische Prüfung: Schadensfalluntersuchung und Metallkunde. Ab 1970 leitete Dr. Straßburger zusätzlich die Abteilung Werkstoffe mit dem Laboratorium zur Gaslötlötung von hochtemperaturfesten Legierungen. Weiter wurde im im gleichen Jahr die Leitung der Abwässerungstechnik übertragen. Hier war er mit den Schwermetallen Schwefelblei und Fluorierung die Verwertungsproblematik von wasser- und luftgetragenen Fluorprodukten untersuchen.

Nach der Neugründung der Thysse-Forschung im Jahr 1977 in von Berlin, wurde Dr. Straßburger die Zuständigkeit für Bereich: „Korrosion und Werkstoffwissenschaften“ übertragen. Zu dieser Zeit ist Dr. Straßburger für 15 Mitarbeiter, unter ihnen 10 promoviert und 17 diplomiert, Ingenieure und Physiker verantwortlich.

Am 18. Mai 1987 rückte er als Dr. Straßburger an der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Metallkunde der Technischen Universität Clausthal mit dem Thema: „Verbindungen zur Fertigungstechnik von Bleiben unter besonderen Betriebsbedingungen der ungelöteten und gelöteten Metalle“ zum Dr. rer. habil. Dr. Straßburger die Monographie „Werkstoffkunde der Metalle“ und ist im Familienrat der TU Clausthal.



Der Fotograf der TU Clausthal überreicht dem Dr. Straßburger ein Dokument von Frau Straßburger die Ernennungsurkunde.

Beitrag anlässlich der Ernennung von Dr. Straßburger zum a.o. Professor an der TU Clausthal (Quelle: TU Clausthal)

studentischen Ausbildung auf dem Gebiet der Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie sowie durch Mitarbeit an Forschungsprojekten konnte er seine Fachkompetenz einfließen lassen.

Auch nach seinem Eintritt in den Ruhestand und seinem Ausscheiden aus der Leitung der Thyssen-Krupp-Steel interessierte er sich weiterhin für die technische Entwicklung der Stahl- und Werkstofftechnologie und verfolgte das

Werden und Gedeihen der TU Bergakademie. So wirkte er auch konstruktiv an der Wiedergründung des Fördervereins VFF im Jahr 1990 mit. Als Vorstandsmitglied und Kassenwart der VAF, Vereinigung Alter Freiburger, gegründet 1951 in Essen als „Ersatz“ bzw. „Statthalter“ des 1945 verbotenen Fördervereins der Bergakademie Freiberg nahm er im Herbst 1990 Kontakte zum Rektor der Bergakademie und dem sich seit Sommer 1990 in Wiedergründung befindlichen Förderverein VFF auf. Auf der konstituierenden Sitzung des VFF am 13.11.1990 nahm er als neues VFF-Mitglied teil und wurde in den Vorstand als ein stellvertretender Vorsitzender gewählt, diesen Titel bis 1995 ausübend. In solcher Doppelaufgabe, VFF- und VAF-Vorstandsmitglied, gestaltete er als Vermittler den konfliktfreien und reibungsarmen Übergang vom VAF zum VFF. Der VAF empfahl all seinen Mitgliedern den Eintritt in den VFF und löste sich danach 1996 auf. Der VFF ist Prof. Straßburger und dem VAF, der über 45 Jahre die Entwicklung des verbotenen Fördervereins VFF „überbrückte“ und so die geschichtliche Kontinuität seit 1921 ermöglichte, zu Dank verpflichtet. Wir werden sein Andenken in ehrender Erinnerung behalten.

■ Wolfgang Lehnert, Hans-Jürgen Kretzschmar

Nachruf auf Dr. Tilo Flade

Herr Dr. Tilo Flade, langjähriger Geschäftsführer von FCM Freiburger Compound Materials und langjähriges Mitglied im VFF, ist am 26. Juni 2023 verstorben.

Geboren am 20. August 1942 in Chemnitz hatte Tilo Flade 1971 an der Bergakademie Freiberg promoviert und war seit 1979 am Volkseigenen Betrieb (VEB) Spurenmetalle in der Abteilung strategische Betriebsentwicklung tätig. 1989 erhielt er den Nationalpreis der DDR erster Klasse für Wissenschaft und Technik für seinen Anteil an der Entwicklung einer Basistechnologie für Gallium-Arsenid-Höchstfrequenz-Bauelemente. In den Wendejahren war es Dr. Flade gelungen, den Übergang des Betriebs in die Marktwirtschaft zu meistern. Der VEB Spurenmetalle wurde zur Freiburger Elektronikwerkstoffe GmbH, die Mitte der 1990er Jahre in die „Solarpartie“ (Bayer Solar, später

Solarworld), den Galliumarsenidbereich (FCM) und die Siliziumwaferproduktion für Computerchips (heute Siltronic AG) aufgeteilt wurde. 2007 wurde Dr. Flade mit dem Sächsischen Verdienstorden geehrt. Er hat wesentlich dazu beigetragen, dass die Halbleiterindustrie in Freiberg konzentriert wurde und 1990 die einzige europäische Galliumarsenid-Produktionsstätte in Sachsen entstanden ist. Die Entwicklung der FCM zu einem Weltmarktführer ist sehr eng mit den Leistungen von Herrn Dr. Flade verbunden. Auch die Aktivitäten des Unternehmens für die Region Freiberg, insbesondere für den Ausbau des Forschungsstandorts und der TU Bergakademie Freiberg, tragen die Handschrift von Dr. Tilo Flade. Die TU Bergakademie Freiberg ernannte ihn 2008 zu ihrem Ehrenbürger.

Dr. Flade war seit 2002 ein aktives Mitglied im Förderverein der TU Berg-



akademie Freiberg, immer ansprechbar für verschiedene Förderaufgaben des VFF. Seine Unterstützung für studentische wie historisch-denkmalsbezogene Förderprojekte bleibt unvergessen. Wir behalten ihn in ehrender Erinnerung.

■ Hans-Jürgen Kretzschmar

Wir trauern um unsere Vereinsmitglieder

† Prof. Dr. rer. nat. habil. Christian Oelsner, Freiberg
25.02.1934 - 09.01.2023

† Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Straßburger, Dinslaken
21.04.1932 - 07.02.2023

† Dipl.-Ing. Alfred Vielmuth, Gera
01.12.1931 - 13.01.2023

† Dipl.-Ing. Hilmar Ott, Gommern
23.02.1934 - 13.03.2023

† Dipl.-Ing. Heinrich Lemke, Leipzig
11.01.1933 - 19.06.2023

† Dr.-Ing. Tilo Flade, Freiberg
20.08.1942 - 26.06.2023

† Dipl.-Ing. Rudolf Lehmann, Borna
04.02.1935 - 24.07.2023

Geburtstage unserer Vereinsmitglieder

60. Geburtstag

Dipl.-Kffr. Bach, Cornelia, Schwelm
Dipl.-Ing. Baresch, Gerd, Ilsenburg
Dr. Behrend, Jens, Wien
Prof. Dr. Biermann, Horst, Freiberg
Prof. Dr. Ernst, Oliver, Dresden
Dipl.-Ing. Güttler, Andreas, Freiberg
Prof. Dr. Heide, Gerhard, Freiberg
Dr.-Ing. Kluge, Sylke, Freiberg
Dipl.-Ing. Knorr, Marion, Teichland
Dipl.-Ing. Mehlberg, Frank, Unna
Dr. Menzel, Steffen, Horka
Prof. Dr. Mischner, Jens, Erfurt
Dipl.-Ing. Piefke, Ulrike, Vienenburg
Dr. Pinka, Jana, Freiberg
Dipl.-Ing. (FH) Redlich, Andreas, Hoyerswerda
Dipl.-hist. Riedel, Andrea, Freiberg
Ass. d. Bergfachs Sablotny, Bernd, Dresden
Dipl.-Ing. Scherf, Jeanette, Freiberg
Prof. Dr. Schulz, Haiko, Dresden
Dr. Sperner, Blanka, Freiberg
Prof. Dr. Starkloff, Hans-Jörg, Leipzig
Dipl.-Ing. Stirl, Jan, Bobritzsch
Dipl.-Ing. Welzel, Frank, Chemnitz
Dipl.-Min. Zenger, Raik, Bad Dübau

65. Geburtstag

Prof. Dr. Barbknecht, Klaus-Dieter, Freiberg
Dipl.-Ing. Bilsing, Andreas, Leipzig
Dr.-Ing. Finken, Holger, Bonn
Dipl.-Ing. Fromm, Peter, Drebkau
Dipl.-Ing. Kuchling, Petra, Oberschöna
Dr. Lorz, Udo, Lichtenberg
Prof. Dr. Reissig, Michael, Freiberg

Dr.-Ing. Riehl, Ingo, Freiberg
Frau Schulze, Sabine, Heidenau
Dipl.-Ing. Sonntag, Eva-Maria, Weißwasser
Prof. Dr. Spitzer, Klaus, Freiberg
Dr.-Ing. Tauchnitz, Frank, Berlin
Frau Wienhold-Engelhardt, Simone, Elgersburg

70. Geburtstag

Dr.-Ing. Arnold, Claudius, Leipzig
Dipl.-Ing. Binde, Wulf, Berlin
Dipl.-Ing. Günter, Ponert, Dresden
Dr.-Ing. Kögel, Wieland, Gera
Dipl.-Ing. Lange, Stefan, Chemnitz
Dipl.-BW. (FH) Ronneburger, Petra, Freiberg
Dipl.-Ing. Schellig, Jürgen, Grünhainichen
Prof. Dr. Schmidt, Jürgen, Dresden
Dr. Schwan, Martin, Dresden
Prof. Dr. Unland, Georg, Freiberg
Prof. Dr. Volkmann, Norbert, Großschirma
Dr.-Ing. Werschy, Matthias, Freiberg

75. Geburtstag

Dr. Bether, Wolfgang, Hoyerswerda
Frau Brezinski, Helene, Oberschöna
Dr. Eckardt, Elke, Freiberg
Dr.-Ing. Gollnast, Wolfgang, Heckelberg
Dipl.-Ing. Hesse, Dieter, Leipzig
Dipl.-Ing. Höppner, Wolfram, Hoyerswerda
Dr.-Ing. Keßler, Jürgen, Mülheim an der Ruhr
Dipl.-Ing. Lesniewski, Bernd, Gera
Dipl.-Ing. Lewitzki, Wolfgang, Cottbus
Prof. Dr. Mönch, Wolfgang, Freiberg
Dipl.-Ing. Nagel, Ulrich, Halle/Saale
Dipl.-Ing. Raßbach, Kurt, Chemnitz

Prof. Dr. Schneider, Jörg W., Freiberg
Dipl.-Ing. Schramm, Bernd-Erwin, Oberschöna
Prof. Dr. Sroka, Anton, Dresden
Dipl.-Ing. Welsch, Wolfgang, Römheld

80. Geburtstag

Dr.-Ing. Blümel, Gerd, Bergisch Gladbach
Dr. Böttcher, Arnd, Freiberg
Dipl.-Ing. Brandt, Wulf, Königs Wusterhausen
Dr.-Ing. Büttner, Hans-Helmut, Freiberg
Dipl.-Ing. Dietze, Gerlinde, Großhartmannsdorf
Dipl.-Ing. Eberius, Hans-Joachim, Meerane
Prof. Dr. Fasold, Hans-Georg, Essen
Herr Grosse, Christian A., München
Dipl.-Ing. Gruhlke, Peter, Neschwitz
Prof. Dr. Holst, Klaus-Ewald, Leipzig
Dr. Hummitzsch, Rudolf, Leipzig
Dr. Jesse, Jürgen, Machern
Dr.-Ing. Kleinitz, Wolfram, Hannover
Dr.-Ing. Koch, Peter, Bad Schlema
Prof. Dr. Kretzschmar, Hans-Jürgen, Freiberg
Dipl.-Ing. Neumann, Klaus, Wendisch Rietz
Prof. Dr. Niklas, Jürgen, Kleinschirma
Prof. Dr. Reichwald, Ralf, München-Bogenhausen
Dipl.-Ing. Richter, Hans Ulrich, Chemnitz
Dipl.-Ing. Rückert, Gerhard, Leipzig
Dr. Runge, Monika, Freiberg
Herr Schiemann, Dieter, Berlin
Dipl.-Ing. Specht, Klaus-Peter, Freiberg
Dipl.-Ing. Turba, Eike, Freiberg
Prof. Dr. Werner, Tilch, Freiberg
Dipl.-Ing. Wienhold, Bernd, Sayda

81. Geburtstag

Dr. Bandlowa, Tatjana, Berlin
Prof. Dr. Bast, Jürgen, Freiberg
Prof. Dr. Bohmhammel, Klaus, Freiberg
Dr. Czolbe, Peter, Freiberg
Herr Döll, Hanns-Jürgen, Schorfheide
Prof. Dr. Freiesleben, Hartwig, Dresden
Prof. Dr. Freyer, Bernd, Gera
Dr. Friedel, Hans-Georg, Freiberg
Dipl.-Ing. Hammer, Gerd, Magdeburg
Dr. Heinze, Frank, Königs-Wusterhausen
Prof. Dr. Husemann, Klaus, Freiberg
Prof. Dr. Köckritz, Volker, Freiberg
Dr. Kunert, Hannes, Hoyerswerda
Dipl.-Ing. Lodd, Wilhelm, Freiberg
Dr. Neuhofer, Richard, Petersberg
Dipl.-Ing. Nitzsche, Wolfgang, Heidenau
Herr Oehme, Rolf, Freiberg
Dipl.-Ing. Otto, Gerhard, Bobritzsch-Hilbersdorf
Prof. Dr. Schneider, Wolf-Dieter, Essen
Prof. Dr. Schüler, Wolfgang, Chemnitz
Dipl.-Ing. Tittel, Peter, Berlin
Frau Ulbricht, Trude, Freiberg
Prof. Dr. Walter, Gerd, Dresden

82. Geburtstag

Dr.-Ing. Adam, Jochen, Dresden
Dr. Dobry, Ulrich, Freiberg
Dr. Dornburg, Dieter, Freiberg
Dipl.-Geol. Dörfer, Hubertus, Freiberg
Dipl.-Kfm. Finger, Bodo, Bochum
Dipl.-Ing. Fischer, Karl-Heinz, Thoßfeld
Prof. Dr. Gminder, Rolf, Heilbronn
Prof. Dr. Heschel, Wolfgang, Freiberg
Dr. Höhne, Diethard, Freiberg
Dipl.-Ing. Jäpel, Gernot, Mittenwalde
Dr. Medicus, Günther, Torgau
Dr. Moewes, Klaus, Altenburg
Dipl.-Ing. Reinhardt, Oskar, Eilenburg
Dr. Rühlicke, Margarete, Freiberg
Dr. Runge, Werner, Freiberg
Dipl.-Ing. Staar, Manfred, Halle/Saale
Dipl.-Ing. Stachel, Günter, Freiberg
Dipl.-Ing. Stricker, Roland, Hoyerswerda
Dr. Trommer, Dietmar, Freiberg
Dr. Zöllner, Wolfgang, Leipzig

83. Geburtstag

Dr. Benedix, Volker, Freiberg
Frau Brückner, Johanna, Freiberg
Dipl.-Ing. Eckhardt, Dieter, Essen
Dr. Erler, Klaus, Berlin
Prof. Dr. Forkmann, Bernhard, Nossen
Prof. Dr. Häfner, Frieder, Freiberg
Prof. Dr. Heegn, Hanspeter, Freiberg
Dipl.-Ing. Heinrich, Claus, Bernburg
Dr. Hofmann, Walter, Freiberg
Dr. Hoffmann, Reiner, Freiberg
Prof. Dr. Jäckel, Gottfried, Freiberg
Dr. Jurisch, Manfred, Dresden
Prof. Dr. Kausch, Peter, Brühl
Dipl.-Ing. Krakau, Bernhard-Rolf, Wittenförden
Dr. Kühn, Peter, Berlin
Dr. Kühne, Wulf, Frauenstein

Prof. Dr. Kuhnert, Gerd, Flöha
Dr. Letz, Peter, Staufen im Breisgau
Prof. Dr. Naumann, Friedrich, Chemnitz
Prof. Dr. Naundorf, Wolfgang, Freiberg
Prof. Dr. Oettel, Heinrich, Freiberg
Dipl.-Ing. Petrasch, Wolfram, Leipzig
Prof. Dr. Schubert, Gert, Freiberg
Dipl.-Ing. Schulze, Helmut, Oranienburg
Dr. Schüttoff, Michael, Dresden
Frau Steinmetz, Hella, Freiberg
Prof. Dr. Stoyan, Dietrich, Freiberg
Frau Tetzner, Ruth, Freiberg
Prof. Dr. Thomas, Berthold, Dresden
Dr. Vogel, Jochen, Steinach
Prof. Dr. Woditsch, Peter, Krefeld

84. Geburtstag

Dr. Breiter, Bernhard, Erfurt
Dipl.-Ing. Bretschneider, Conrad, Rudolstadt
Prof. Dr. Henkel, Egon Hermann, Essen
Dipl.-Ing. Hensel, Horst, Berlin
Dipl.-Ing. Herrmann, Rolf, Chemnitz
Dipl.-Ing. Jähmig, Klaus, Freiberg
Dipl.Verw.wirt Karner, Karl, Burglengenfeld
Dipl.-Ing. (FH) Klinger, Horst, Markkleeberg
Dr. Klünder, Ekkehard, Wolfach
Dr. Kühnel, Günter, Oberschöna
Prof. Dr. Lohmann, Karl, Emden
Dipl.-Ing. Mohnke, Klaus, Kolkwitz
Dipl.-Ing. Moye, Udo, Habichtswald-Ehlen
Dr. Nobis, Karl-Heinz, Königs Wusterhausen
Prof. Dr. Obermeier, Frank, Rosdorf
Dr. Ossenkopf, Peter, Freiberg
Dr. Pönitz, Eberhard, Freiberg
Dipl.-Ing. Proksch, Josef, Leipzig
Dr. Reuter, Edgar, Leipzig
Dipl.-Ing. Richter, Manfred, Neuhausen
Dr. Scheffler, Dietrich, Freiberg
Dipl.-Ing. Schirrmeister, Ekkehard, Ballenstedt
Dr. Schmid, Karl, Berlin
Dr. Schütter, Wieland, Markkleeberg
Dr. Seifert, Günter, Hoyerswerda
Dipl.-Ing. Sierich, Volker, Saalfeld
Dipl.-Ing. Steckelmann, Hans-Werner, Schwerin
Prof. Dr. Steinmann, Klaus, Essen
Dipl.-Ing. Ullmann, Rainer, Weißenfels
Prof. Dr. Vulpius, Rainer, Brand-Erbisdorf
Prof. Dr. Wolf, Dieter, Berlin
Dipl.-Ing. Zabel, Helmut, Wolmirstedt

85. Geburtstag

Dr. Bayer, Manfred, Oberschöna
Dr.-Ing. Bittner, Horst, Wilsdruff
Dipl.-Ing. Bormann, Frank, Großpösna
Prof. Dr. Born, Manfred, Freiberg
Dipl.-Ing. Egemann, Heinz, Aschersleben
Dr.-Ing. Engelhardt, Reiner, Freiberg
Dr.-Ing. Eulenberger, Karl-Heinz, Freiberg
Dipl.-Ing. Fischer, Rudolf, Kassel
Dr. Hempel, Dieter, Freiberg
Dipl.-Ing. Herold, Horst, Taucha
Dipl.-Ing. (FH) Illing, Dieter, Freiberg
Dipl.-Ing. Kloppe, Klaus, Berlin
Dr. Kretzer, Johannes, Freiberg

Dipl.-Ing. Link, Joachim, Freiberg
Dr. Pälchen, Werner, Halsbrücke
Dr. Richter, Horst, Freiberg
Dipl.-Ing. Schneider, Klaus, Berlin
Dr. Seifert, Harald, Freiberg
Dr. Trillhose, Andreas, Freiberg
Dr. Wehnsig, Hartmut, Freiberg
Dr. Zinke, Hans-Georg, Freiberg

86. Geburtstag

Dipl.-Ing. Albrecht, Fritz, Leipzig
Dr. Dombrowe, Helfried, Freiberg
Prof. Dr. Döring, Karl, Eisenhüttenstadt
Dipl.-Ing. Eger, Wolfgang, Langenfeld
Dr. Freiesleben, Heiner, Lübeck
Prof. Dr. Gatzweiler, Rimbart, Saarbrücken
Dr. Liersch, Wolfgang, Cottbus
Dr. Lietzmann, Klaus Dieter, Freiberg
Dipl.-Ing. Nauke, Herbert, Magdeburg
Dr. Rütger, Gert, Freiberg
Dr. Schab, Dietmar, Freiberg
Dipl.-Geol. Schmitz, Wolfgang, Hoyerswerda
Prof. Dr. Seidelmann, Peter, Freiberg
Dr. Wieschebrink, Günter, Leipzig

87. Geburtstag

Dr. Altmann, Walter, Leipzig
Prof. Dr. Fenk, Jürgen, Dresden
Frau Hegenberg, Brigitte, Freiberg
Dipl.-Ing. Irmer, Dieter, Chemnitz
Dr.-Ing. Jagnow, Hans-Joachim, Dortmund
Assessor d. Bergfachs Kegel, Karl-Ernst, Köln (Riehl)
Dr. h. c. Krüger, Erika, München
Prof. Dr. Meyer, Lutz, Voerde
Dr. Modde, Peter, Freiberg
Prof. Dr. Oehlstöter, Gerhard, Magdeburg
Dipl.-Ing. Redlich, Hans, Freiberg
Dr. Rühlicke, Dietrich, Freiberg
Prof. Dr. Schlegel, Ernst, Freiberg
Dr. Schmidt, Joachim, Halsbrücke
Prof. Dr. Schulle, Wolfgang, Freiberg
Dr. Siegert, Wolfgang, Leipzig
Dipl.-Ing. Skolik, Horst, Schöneiche b. Berlin
Dipl.-Ing. Tobies, Alfred, Freiberg
Dipl.-Ing. Tröger, Hans-Jürgen, Chemnitz
Assessor des Bergfachs Wahnschaffe, Horst, Essen
Prof. Dr. Wiehe, Jürgen, Freiberg

88. Geburtstag

Dr. Hildmann, Eckart, Fulda
Dipl.-Ing. Hofmann, Lothar, Leipzig
Dr. Müller, Helmut, Freiberg
Dipl.-Ing. Schulze, Hans-Joachim, Berlin
Prof. Dr. Wegerdt, Christian, Freiberg
Dr. Winter, Siegfried, Dippoldiswalde
Frau Zschoke, Marlene, Freiberg

89. Geburtstag

Prof. Buhrig, Eberhard, Dresden
Dr. Ebel, Klaus, Ingersleben
Dipl.-Ing. Gottschalk, Jürgen, Hamburg
Dipl.-Ing. Hofmann, Johannes, Freiberg
Dr. John, Manfred, Freiberg
Prof. Dr. Kochs, Adolf, Lichtentanne

Prof. Dr. Köpsel, Ralf, Dresden
 Dipl.-Ing. Nicolai, Thomas, Dresden
 Prof. Dr. Spies, Heinz-Joachim, Freiberg
 Dr. Ulbricht, Joachim, Freiberg
 Prof. Dr. Walde, Manfred, Freiberg
 Dipl.-Ing. Wiesenfeldt, Ludwig, Mülheim a. d. Ruhr

90. Geburtstag

Dr. Denecke, Albrecht, Buchholz
 Prof. Dr. Förster, Wolfgang, Halsbrücke
 Dr. Hahn, Manfred, Freiberg
 Dr. Harzt, Dietmar, Freiberg
 Dr. Krüger, Walter, Freiberg
 Dipl.-Ing. Lemke, Heinrich, Leipzig
 Prof. Dr. Piatkowiak, Norbert, Großschirma
 Dr. Rocktaeschel, Gottfried O., Dresden-Neustadt
 Dr. Schmidt, Tankred, Hoyerswerda

91. Geburtstag

Prof. Dr. Lehnert, Wolfgang, Freiberg
 Dr. Mitzinger, Wolfgang, Berlin
 Dipl.-Ing. Schölzel, Helmut, Muldestausee
 Dr. Strasse, Wolfgang, Berlin

92. Geburtstag

Prof. Dr. Brand, Paul, Freiberg
 Dr. Göhler, Peter, Freiberg

Prof. Dr. Marx, Claus, Owingen
 Dipl.-Berging. Mertens, Volkmar, Essen-Steele
 Dr. Pforr, Herbert, Freiberg

93. Geburtstag

Prof. Dr. Engshuber, Manfred, Ilmenau
 Prof. Dr. Heyne, Karl-Heinz, Leipzig
 Dipl.-Ing. Knickmeyer, Wilhelm, Essen
 Dipl.-Ing. Meinig, Klaus, Dresden
 Herr Mester, Egon, Buxtehude
 Dr. Schulze, Günter, Bad Liebenwerda
 Prof. Dr. Uhlig, Dieter, Altenberg
 Assessor des Bergfachs Worringer, Dieter, Essen

94. Geburtstag

Prof. Dr. Kolditz, Lothar, Fürstenberg/Havel
 Dipl.-Ing. Schubert, Wolfgang, Bad Elster

95. Geburtstag

Dipl.-Ing. Bannert, Horst, Neuhof
 Dr.-Ing. Klepel, Gottfried, Markkleeberg

96. Geburtstag

Prof. Dr. Kratzsch, Helmut, Berlin

98. Geburtstag

Prof. i. R. Köhler, Johannes, Olbersdorf

Herzliche
 Glückwünsche
 und Glückauf
 allen Jubilaren!



Holzfiguren des „Freiberger Gelehrtenzugs“, geschaffen vom Seiffener Kunsthandwerker Siegfried Werner: V. I. Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795), Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra (1740-1819), Georg Philipp Friedrich Freiherr von Hardenberg (1772-1801), Siegmund August Wolfgang Freiherr von Herder (1776-1838), Abraham Gottlob Werner (1749-1817)

- Prof. Dr. Moh'd Amro, TU Bergakademie Freiberg
- Thomas Benkert (†), TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Jörg Benndorf, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Andreas Benz, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Swanhild Bernstein, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Martin Bertau, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Thomas Bier, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Horst Brezinski, VFF
- Dr. Peter Czolbe, Freiberg
- Telma da Silva
- Marcus Dietrich, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Stefan Dirlich, „Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie“
- Prof. Dr. Carsten Drebenstedt, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Dominik Dürigen, TU Dresden
- M. Sc. Tom Ebel, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Felix Eckhofer, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Peter Eienkel, Leipzig
- Prof. Dr. Hans Michael Eßlinger, Freiberg
- Prof. Dr. Tobias Fieback, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Carsten Freese, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Gero Frisch, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Claudia Funke, TU Bergakademie Freiberg
- M. Sc. Michael Gäbelein
- M. Sc. Marcus Gast
- Dipl.-Soz. Doris Geburek, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Henny Gerschel, TU Bergakademie Freiberg
- Christian Gläser
- Prof. Dr. Simon Glöser-Chahoud, TU Bergakademie Freiberg
- Michael Görke
- Prof. Dr. Jens Götzte, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Thomas Grab, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Martin Gräbner, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Jens Grigoleit, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Sergey Guk, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Birk Härtel, University of Calgary
- Dipl.-Ind. Arch. Peter Hauschild, Dresden
- Dipl.-Ing. Kathrin Häußler, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Gerhard Heide, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Hermann Heilmeier, TU Bergakademie Freiberg
- M. Sc. Adelina Heinz, TU Chemnitz
- Dr. Olaf Hellwig, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Karl-Heinz Heyne, Leipzig
- Nicol Hillebrandová, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Daniel Hiller, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Reiner Hoffmann, Freiberg
- Korbinian Hohenadl
- Jun.-Prof. Dr. Conrad Jackisch, TU Bergakademie Freiberg
- Cassandra Jany
- Dipl.-Geol. Manuela Junghans, TU Bergakademie Freiberg
- Annegret Just
- Dipl.-Ing. (FH) Tobias Kandler, TU Bergakademie Freiberg
- Tim Kanis
- Dr. Christin Kehrner, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Ulf Kempe, TU Bergakademie Freiberg
- Alba Kießling
- Dipl.-Ing. Viktoriia Kison, TU Bergakademie Freiberg
- Mgr. Marianna Kleścinska, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Andreas Kluge, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Volker Köckritz, Freiberg
- Dr. Dirk König, The Australian National University (ANU), Canberra
- Dipl.-Ing. Oleksandr Kovtun, TU Bergakademie Freiberg
- Wolfgang Kramer
- Prof. Dr. Hans-Jürgen Kretzschmar, VFF
- Prof. Dr. Edwin Kroke, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Bibl.(FH) Angela Kugler-Kießling, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Lisa Kühnel, TU Bergakademie Freiberg
- Jun.-Prof. Christian Kupsch, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Ingrid Lange, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Wolfgang Lehnert, Freiberg
- Ass. jur. Theresa Lemser, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Wilhelm Lodl, Freiberg
- Dipl.-Min. Andreas Massanek, TU Bergakademie Freiberg
- M.A. Torsten Mayer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Monika Mazik, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Guido Meinhold, TU Bergakademie Freiberg
- M.A. Volker Mende, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Stephan Meschke, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Dirk C. Meyer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Thomas Mikolajick, Nanoelectronic Materials Laboratory gGmbH Dresden
- Prof. Dr. Helmut Mischo, TU Bergakademie Freiberg
- M. Sc. Maximilian Mrozik, TU Bergakademie Freiberg
- M. Sc. Elke Mugova, TU Bergakademie Freiberg
- Marlene Mühlbach
- M. Sc. Soundarya Nagarajan, Nanoelectronic Materials Laboratory gGmbH Dresden
- Prof. Dr. Friedrich Naumann, Chemnitz
- Dipl.-Ing. Lukas Neubert, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Wi.-Ing. Lukas Oppelt, TU Bergakademie Freiberg
- Annemarie Alexandra Otto
- Dr. Werner Pälchen, Halsbrücke
- Dr. Norman Pohl, TU Bergakademie Freiberg
- Katja Polanski, TU Bergakademie Freiberg
- Sylvie Preiss, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Ingmar Ratschinski, TU Bergakademie Freiberg
- Oliver Rebentrost, TU Bergakademie Freiberg
- Patrick Reimann
- Dr. Marlen Rimbeck
- Paul Rippich
- M. Sc. Paul Scapan, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Ronny Schimpke, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Thomas Schmalz, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Hans-Ferdinand Schramm, Sparkasse Mittelsachsen
- Dr. Anja Solf-Hofbauer, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Karina Sopp, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Hartmut Stöcker, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Dietrich Stoyan, Freiberg
- Dr. Jens Trommer, Nanoelectronic Materials Laboratory gGmbH Dresden
- Bernd Voland
- Dominic Voland
- Dipl.-Archiv. (FH) Roland Volkmer, Freiberg
- Prof. Dr. Olena Volkova, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Michael Wagner, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Steffen Wagner, Freiberg
- Prof. Dr. Gari Walkowitz, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Stefanie Walter, Hochschule Mittweida
- Dr. Uwe Weber, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Ellen Weißmantel, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Marius Winzeler, Staatliche Kunstsammlungen Dresden
- Dr. Bodo Wolf, Bad Saarow
- Prof. Dr. Dieter Wolf, Berlin
- Dr. Kristina Wopat, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Rhena Wulf, TU Bergakademie Freiberg
- Dr. Annett Wulkow Moreira da Silva, TU Bergakademie Freiberg
- MBA Timm Wunderlich, TU Bergakademie Freiberg
- Dipl.-Ing. Anja Zeibig, TU Bergakademie Freiberg
- Prof. Dr. Henning Zeidler, TU Bergakademie Freiberg
- Susann Zimmer
- Dr. Matthias Zschornak, TU Bergakademie Freiberg

*Mit diesem Aquarell unseres Mitglieds Dr. Peter Czolbe
wünschen wir allen Vereinsmitgliedern,
Leserinnen und Lesern unserer ACAMONTA*



Peter Czolbe: Obergruna, Gesegnete Bergmannshoffnung, Aquarell, 2004

*eine besinnliche Weihnachtszeit
und ein gesundes neues Jahr 2024!*

Herausgeber: Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.,
Rektor der TU Bergakademie Freiberg, Frau Dr. Erika Krüger

Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V. (VFF)

Vorsitzender: Prof. Hans-Ferdinand Schramm
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Kretzschmar
Postanschrift: Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V.
Akademiestraße 6, 09599 Freiberg
Geschäftsstelle: Nonnengasse 22, 09599 Freiberg
Telefon: +49 (0)3731 39-2559, 39-2661
E-Mail: freunde@zuv.tu-freiberg.de
Internet: <https://tu-freiberg.de/vff>
Jahresbeitrag: 30 EUR Einzelmitglieder; 250 EUR juristische Mitglieder
Redaktionsleitung: Dr. Annett Wulkow Moreira da Silva
Redaktionskollegium: Prof. Dr. Ulrich Groß, Prof. Dr. Gottfried Jäckel,
Prof. Dr. Peter Seidelmann, Dipl.-Slaw. Birgit Seidel-Bachmann
Rubriken-Titelbilder: Stiftung (S. 8): TU Bergakademie Freiberg
Forschung (S. 17): Andreas Hiekel
Studium (S. 53): TU Bergakademie Freiberg
Universität (S. 61): TU Bergakademie Freiberg
International (S. 90): Andreas Hiekel
Aus dem Vereinsleben (S. 103): Tom Göpfert, VFF
Historie (S. 132): TU Bergakademie Freiberg
Personalia (S. 157): TU Bergakademie Freiberg

Gestaltung/Satz/Druck: Dzierzon Druck, Freiberg
Auflage: 1200

Die ACAMONTA 2023 kann über folgenden Link abgerufen werden:
<https://tu-freiberg.de/vff>

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. Die Autoren sind verantwortlich für die Verwendung namentlich nicht gekennzeichnete Abbildungen in ihren Beiträgen. Auszugsweiser Nachdruck von Beiträgen bei Angabe von Verfasser und Quelle ist gestattet. Im Sinne der Wünsche von Autoren und Lesern nach detaillierterer Information hat das Redaktionskollegium eine relativ hohe Anzahl von Quellenangaben für einzelne Beiträge akzeptiert. Die Art der Literaturzitation wurde aufgrund der unterschiedlichen Fachgebiete dabei jeweils den Autoren überlassen.

Männliche/weibliche Form: Aus Gründen der Vereinfachung und besseren Lesbarkeit ist in den Beiträgen gelegentlich nur die männliche oder die weibliche Form verwendet worden. Wir bitten, fehlende Doppelnennungen zu entschuldigen.

Autorenverzeichnis: Aus Gründen des Platzbedarfs werden im Autorenverzeichnis die akademischen Grade der Autoren in vereinfachter Form dargestellt.

© Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg e. V., 2023
ISSN 2193-309X

