SITZUNGSBERICHTE

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN

Kolloquium

Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften

am 11. April 2014 in Berlin
zu Ehren von

Prof. Dr. Heinz Kautzleben

aus Anlass seines 80. Geburtstages

Herausgegeben von Peter Knoll

BAND 120

JAHRGANG 2014

Kolloquium

Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften

am 11. April 2014 in Berlin

zu Ehren von

Prof. Dr. Heinz Kautzleben

aus Anlass seines 80. Geburtstages

Foto: D. Linke

Veranstaltet von

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.

Gefördert vom Senat Berlin, Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung, von der Rosa-Luxemburg-Stiftung e.V. sowie von der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät e.V.

Herausgeber des Bandes:
Peter Knoll

Inhaltsverzeichnis Band 120-2014

02 P. Knoll: Vorwort

03 Gerhard Banse: Begrüßung und Eröffnung S. 9

04 Karl-Heinz Bernhardt: Laudatio für Heinz Kautzleben S. 11

05 Herbert Hörz: Dient Wissenschaft dem Wohl des Menschen? – Philosophisches zu Erfolgs- und Gefahrenrisiken S. 17

06 Helmut Moritz: Einige grundlegende mathematische Ideen und Zusammenhänge in der theoretischen Geodäsie S. 43

07 Dietrich Spänkuch: Mögliche klimatische Folgen bei weltweitem Einsatz erneuerbarer Energie S. 53

08 Oliver Schwarz: Dunkle Materie in der galaktischen Sonnenumgebung? Wie man die Materiedichte in der Milchstraßenscheibe bestimmt S. 69

09 Jürgen Christian Kopp und Olaf Alisch: Verfügbarkeit von Rohstoffen in Deutschland – Argumente für eine stärkere Nutzung eigener Rohstoffressourcen S. 71

10 Axel Müller: Urban Mining von elektronischem Abfall – Herausforderungen aus der Sicht eines Geologen S. 81

11 Werner Stackebrandt und Dietrich Franke: Eine neue Geologie von Brandenburg: Idee – Konzept – Realisierung S. 97

13 Peter Knoll:
Induzierte Seismizität in Mitteleuropa –
Gibt es Möglichkeiten für Prognose und Beherrschung? S. 103

14 Rose-Luise Winkler: V.I. Vernadskij und die Kommission zur Geschichte des Wissens an der Russischen resp. Akademie der Wissenschaften der UdSSR (1921-1932) S. 133

15 Erik W. Grafarend: System-Analyse der Polbewegung und der Tageslängenänderung S. 147

16 Viktor Mairanowski und Bella Lurik: Chemie, Ökologie, Gesundheit, Mensch S. 149

17 Rainer Kind: Strukturen in der Mantellithosphäre – die Entstehung der Kontinente S. 159

18 Christoph Sens-Schönfelder: Die seismische Unruhe der Erde – wo kommt sie her und was lernen wir aus ihr? S. 167

19 Hennes Obermeyer: Ist das Erschließen von Geothermie-Lagerstätten im mittleren Oberrheingraben wirklich eine gute Idee? S. 169

20 Rainer Schimming: Theories on the Earth System.
Vernadskij, Lovelock and beyond S. 171

21 Heinz Kautzleben: Schlusswort S. 177

Zum Kolloquium vorgelegte Poster

22 Poster 1: Heinz Kautzleben – Leben im Dienste der Wissenschaft S. 179

23 Poster 2: Heinz Kautzleben: Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises
Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät S. 184

24 Autorenverzeichnis S. 225

Vorwort

des Herausgebers des vorliegenden Bandes der Sitzungsberichte

Heinz Kautzleben war langjähriges Mitglied Gelehrtengesellschaft der Akademie der Wissenschaften der DDR und ist Gründungsmitglied der Gelehrtengesellschaft „Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.“ Seinem Wirken ist es in erster Linie zu danken, dass sich das komplexe Wissensgebiet „Geo- und Kosmoswissenschaften“ in der Akademie der Wissenschaften als eigenständiges Wissensgebiet etabliert hat und dass in der Leibniz-Sozietät der sehr aktive Arbeitskreis „Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften im Rahmen der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften gebildet hat, der dieses Wissensgebiet weiterhin vertritt. Einem Querschnitt der Tätigkeit dieses Arbeitskreises widmeten sich die wissenschaftlichen Beiträge des Kolloquiums, das zu Ehren seines achtzigsten Geburtstages von der Leibniz-Sozietät veranstaltet wurde.

In den wissenschaftlichen Beiträgen kommt die außerordentliche Breite und Tiefe des vom Jubilar vertretenen und von ihm wesentlich in seiner Entwicklung beeinflussten Wissensgebietes zum Ausdruck. Sowohl prominente Weggefährten als auch junge Fachkollegen kommen zu Wort. Die Aktivitäten des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften sind in einem beigefügten Poster zusammengestellt worden und belegen die Aktualität der wissenschaftlichen Arbeiten des von Heinz Kautzleben gegründeten und geleiteten Arbeitskrieses.

Der Herausgeber des Bandes dankt den Förderern der Veranstaltung und des vorliegenden Bandes sowie den Mitwirkenden für ihre konstruktive Teilnahme an der Festsitzung und ihre hilfreiche Unterstützung des Zustandekommens des Bandes.

Berlin, September 2014

Peter Knoll

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 9–10*

Gerhard Banse

Eröffnung und Begrüßung

Liebe Mitglieder, Freunde und Gäste der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften,
geehrte Referentinnen und Referenten,
meine sehr verehrten Damen und Herren,

ich begrüße Sie ganz herzlich zum Kolloquium *Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften* hier in Berlin.

Ganz besonders herzlich begrüße ich unser langjähriges Mitglied Heinz Kautzleben, der am 31. März dieses Jahres seinen 80. Geburtstag beging und dem zu Ehren die heutige Veranstaltung stattfindet.

Der Jubilar und heute zu Ehrender hat in jeder Phase seines überaus erfolgreichen Wirkens als Wissenschaftler und Wissenschaftsorganisator in hoher, auch wissenschafts- und gesellschaftspolitischer Verantwortung stets die genuinen Ideen, das wohlüberlegte theoretische und praktische Konzept zu deren Verwirklichung sowie die zielstrebige Realisation als Einheit betrachtet, die er durch beharrliches interdisziplinäres Engagement und hohen persönlichen Einsatz mit zum Erfolg führte. Fast fünf Dezennien seines bedeutenden, auch international hoch anerkannten Wissenschaftlerlebens waren, ganz in diesem Sinne, untrennbar mit der Akademie der Wissenschaften, ihrer Forschungsgemeinschaft sowie ihrer Gelehrtengesellschaft und folgerichtig dann mit der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin verbunden.

Heinz Kautzleben hat unsere Sozietät in verantwortlichen Funktionen von Anfang an maßgebend und Maßstäbe setzend mit entwickelt und vorangebracht. Die Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften sowie das Präsidium sind stolz darauf, ihn als Mitglied in unserer Gelehrtensozietät zu wissen. Besondere Verdienste hat sich der Jubilar durch sein Wirken bei der Etablierung und Leitung ihres Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-,

Weltraum- und Astrowissenschaften (GeoMUWA) sowie durch seine jahrelange Tätigkeit als Geschäftsführer der Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät und als Mitglied ihres Kuratoriums erworben, wofür er im Jahr 2008 als Erster mit der Daniel-Ernst-Jablonski-Medaille ausgezeichnet wurde, die zur Würdigung besonderer Verdienste um die Leibniz-Sozietät verliehen wird.

Zu seinem 80. Geburtstag haben der Sekretar der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften, Herr Professor Dr. Lutz-Günther Fleischer, und ich Herrn Kautzleben ein Glückwunsch-Schreiben zugesandt, das mit folgenden Worten endet:

„Wir nutzen sehr gern Deinen Ehrentag, um Dir weiterhin alles Gute, die rege Teilnahme und noch lange währende Teilhabe am wissenschaftlichen Leben zu wünschen; selbst wenn Du die vorbildlich wahrgenommene Funktion als Sprecher des Arbeitskreises GeoMUWA jüngeren Mitgliedern übergeben möchtest. Wir werden das Ehrenkolloquium nutzen, um Dir den besonderen Dank und unsere Anerkennung auch im Kreise der Kollegen und Gäste persönlich auszusprechen.“[1]

Dieses Ehrenkolloquium ist Dank und Anerkennung für Heinz Kautzleben zugleich. Ich bedanke mich bei all jenen, die es initiiert und organisiert haben und wünsche ihm einen erfolg- und ergebnisreichen Verlauf.

1 http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/01/Kautzleben-14-03-31.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 11–16*

Karl-Heinz Bernhardt

Laudatio für Heinz Kautzleben

„Die Geschichte der Wissenschaft ist die Wissenschaft selbst, die Geschichte des Individuums das Individuum“ – ganz im Sinne dieser Sentenz Goethes drängt sich mir bei dem Versuch einer Würdigung unseres hochverehrten Jubilars Prof. Dr. rer. nat. habil. Heinz Kautzleben die Erinnerung an zwei Gespräche auf, die ich mit ihm zu Beginn sehr unterschiedlicher Lebensabschnitte führen konnte.

Bei dem ersten der beiden Zusammentreffen - im Seminarraum des Geophysikalischen Instituts der Karl-Marx-Universität Leipzig, Schillerstraße 6, – tauschten wir uns im Vorfeld unserer Studienabschlüsse im Jahre 1957 über Anliegen und Inhalt unserer Diplomarbeiten aus, die seine auf dem Gebiet der Geophysik, die meine in der Meteorologie. Heinz Kautzlebens Beschäftigung mit der Magnetohydrodynamik nötigte mir große Hochachtung ab; für ihn selbst bedeutete die Diplomarbeit zur hydromagnetischen Theorie des Plasmas unter der anspruchsvollen Betreuung durch Gerhard Fanselau (1904-1982) den Einstieg in die mathematische Geophysik als der soliden wissenschaftlichen Grundlage für sein lebenslanges Wirken als Forscher und Wissenschaftsorganisator. Mit der Dissertation zur analytischen Darstellung des geomagnetischen Hauptfeldes (1962, Gutachter G. Fanselau und O. Lucke) und der Habilitationsschrift zur statistischen Analyse des geomagnetischen Hauptfeldes und der Säkularvariationen (1965, Gutachter G. Fanselau und F. Burghard) stellte er die souveräne Beherrschung dieser beiden grundlegenden mathematischen Verfahren zur Beschreibung geophysikalischer Felder und deren zeitlicher Veränderungen unter Beweis.[1] Bedeutsam neben dieser theoretischen Arbeitsrichtung war aber für den weiteren wissenschaftlichen Werdegang von Heinz Kautzleben auch der Einfluss von Robert Lauterbach (1915-1995),[2] der am Geophysikalischen Institut angewandte Geophysik lehrte und als Vertreter einer geologisch orientierten Erkundungsgeophysik

1 Vgl. dazu auch Kautzleben, H.: Kugelfunktionen. Ergänzungsband zu Fanselau,G. (Hrsg.): Geomagnetismus und Aeronomie, Bd. 1, Leipzig 1965.

2 Nachruf in: Sitz. Ber. der Leibniz-Sozietät 10(1996), 1/2, 179.

zugleich leitende Funktionen im VEB Geophysik bekleidete.

Die nach dem Studienabschluss aufgenommene Tätigkeit als Assistent G. Fanselaus, Direktor des Geomagnetischen Instituts Potsdam und zugleich Lehrstuhlinhaber für Geophysik an der Karl-Marx-Universität Leipzig und Professor mit vollem Lehrauftrag für Geophysik an der Humboldt-Universität Berlin, dürfte für Heinz Kautzleben eine große Verantwortung bedeutet und ihm hohen Einsatz abverlangt haben. Zu Beginn der Akademiereform wurde er 1968 kommissarischer Direktor des Geodätischen Instituts Potsdam, das 1969 in den Bestand des Zentralinstituts für Physik der Erde (ZIPE) einging, das Heinz Kautzleben dann von 1973 bis 1989 leitete, bevor er an die Spitze des Instituts für Kosmosforschung (IKF) in Berlin-Adlershof trat.[3] Bereits im Jahre 1969 war er zum Professor für Geophysik an der Deutschen Akademie der Wissenschaften berufen und in den Jahren 1979 zum Korrespondierenden, 1987 zum Ordentlichen Mitglied nunmehr der Akademie der Wissenschaften der DDR gewählt worden, in der er von 1984 bis 1990 den Forschungsbereich Geo- und Kosmoswissenschaften leitete.

Vor allem das Profil des ZIPE, eines inter- und multidisziplinär arbeitenden Wissenschaftszentrums, aus dem viele bis heute an verschiedenen geowissenschaftlichen Einrichtungen der alten wie der neuen Bundesländer erfolgreich tätige Mitarbeiter hervorgegangen sind, wurde von Heinz Kautzleben nachhaltig geprägt. Peter Bankwitz hat in einer Laudatio anlässlich des 70. Geburtstages unseres Jubilars aus lebendiger eigener Erfahrung wesentliche Entwicklungslinien beispielsweise zur Physik des Erdkörpers einschließlich Geologie und Geochemie, zu Fernerkundung und Satellitengeodäsie sowie zur Antarktisforschung umrissen, die dem ZIPE unter Heinz Kautzlebens sachkundiger Leitung erwuchsen.[4] Sein Wirken in der DDR fand hohe staatliche Würdigung, darunter durch die Auszeichnung mit der Verdienstmedaille der DDR (1973) sowie die Verleihung des Nationalpreises (1978) und des Vaterländischen Verdienstordens (1984).

Besondere Beachtung aus Sicht der Geschichte der Wissenschaft wie der des Individuums verdient das Zusammentreffen des Studienabschlusses von Heinz Kautzleben mit dem Beginn der Weltraumfahrt[5] und des Internationa-

3 Scheler, W.: Von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zur Akademie der Wissenschaften der DDR. Berlin, 2000, S. 432, 437.

4 Bankwitz, P.: Laudatio anlässlich des 70. Geburtstages von Prof. Dr. habil. Heinz Kautzleben. Sitz.Ber. der Leibniz-Sozietät 70(2004), 131-133.

5 50 Jahre Weltraumforschung – Erforschung und Überwachung der Erde und des Weltraumes gestützt auf die Mittel der Raumfahrt. Sitz.Ber. der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 96(2008).

len Geophysikalischen Jahres (IGY) vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958,[6] einem system- und blockübergreifenden weltweiten wissenschaftlichen Gemeinschaftsunternehmen, das über das Jahr 1959 als Internationale Geophysikalische Kooperation (IGC) fortgeführt wurde und das den Zugang der im Kalten Krieg von zahlreichen wissenschaftlichen Organisationen ferngehaltenen DDR-Wissenschaftler zu gleichberechtigter internationaler Zusammenarbeit erleichterte. Immerhin wurde das Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik der DDR auf der Generalversammlung des IUGG in Zürich 1967 in die Internationale Union für Geodäsie und Geophysik aufgenommen; für Heinz Kautzleben bedeutete die Tätigkeit als zweiter Vizepräsident der internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) von 1987 bis 1991 eine hochverdiente Anerkennung seines wissenschaftlichen Wirkens, von dem nicht zuletzt rund 150 Publikationen aus allen seinen Arbeitsgebieten zeugen. Das Schwergewicht der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geo- und Kosmoswissenschaften lag für die DDR naturgemäß in der Beteiligung an der Interkosmos-Kooperation sowie in der Mitarbeit im Rahmen der KAPG, der im Mai 1966 in Leipzig gegründeten Kommission der Akademien der Wissenschaften sozialistischer Länder zur multilateralen Bearbeitung des komplexen Themas planetare geophysikalische Forschungen. Der Jubilar, von 1975 bis 1983 Mitglied des Büros und von 1983 bis 1990 stellvertretender Vorsitzender der KAPG, hat rückblickend KAPG- und Interkosmoszusammenarbeit in den weiteren Rahmen internationaler Kooperation, vor allem im osteuropäisch-asiatischen Raum, gestellt und erzielte Ergebnisse bewertet.[7] Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die in den Jahren von 1970 bis 1988 am ZIPE durchgeführten sechs internationalen Symposien, die wissenschaftlichen Austausch über System- und ideologische Grenzen hinweg ermöglichten, was dem Veranstalter von damals Beteiligten noch heute hoch angerechnet wird. Seit dem Jahre 1986 ist er auch Ehrenmitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften.

Das zweite meiner eingangs erwähnten ausführlichen Gespräche mit Heinz Kautzleben stand unter einem gänzlich anderen Vorzeichen – dem der Evaluierung des von ihm seit einem Jahr geleiteten Instituts für Kosmosforschung im Frühjahr 1990. Befriedigt und hocherfreut über den Glückwunsch,

6 Moritz, H.: Das Internationale Geophysikalische Jahr 1957 und seine Folgen. Sitz.Ber. der Leibniz-Soz. der Wissenschaften 94(2008), 201-214.

7 Kautzleben, K.: Die Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Einrichtungen der ehemaligen sozialistischen Länder in Mittel- und Osteuropa auf dem Gebiet der Geodäsie und einige ihrer Ergebnisse. Sitz. Ber. der Leibniz-Sozietät 57(2003), 149-166.

den der Kommissionsvorsitzende dem Institutsdirektor für die Arbeit seiner Einrichtung aussprach und selbst noch mit etlichen Illusionen behaftet, war ich entsetzt und geschockt, Wochen später zu erfahren, dass für ihn in der Forschungslandschaft des sich abzeichnenden vereinigten Deutschlands kein Platz mehr sein würde. Seit dem Jahre 1991 im Vorruhestand, hat Heinz Kautzleben gleichwohl nicht resigniert: Nach dem berüchtigten Brief eines Berliner Senators vom 7. Juli 1992, in dem der Entschluss zur Neukonstituierung einer Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften sowie die Beendigung der früheren Gelehrtensozietät der Akademie der Wissenschaften der DDR verkündet und ihren Mitgliedern das Erlöschen ihrer Mitgliedschaft mitgeteilt worden war,[8] wurde im Jahre 1993 die Leibniz-Sozietät e.V. als privatrechtlicher Verein gegründet.[9] In ihr hat Heinz Kautzleben als eines der Gründungsmitglieder ein neues und weites Feld ehrenamtlicher Arbeit und selbstlosen Dienstes für die Wissenschaft gefunden – im Kreis ehemaliger Mitglieder der Gelehrtensozietät der Akademie der Wissenschaften, denen gleich ihm wissenschaftliche Arbeit Lebensinhalt war und auch unter den neuen widrigen Bedingungen blieb, und zunehmend gemeinsam mit nach Akademietradition zugewählten neuen Mitstreitern, darunter nicht wenigen aus seinem einstigen Wirkungskreis.

Nicht zu vergessen ist seine ein Jahrzehnt umspannende Tätigkeit als Geschäftsführer der zur Unterstützung der Sozietät errichteten Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät e. V. von deren Gründung im Jahre 1996 bis zum Jahr 2007. Vor allem aber hat er als Sprecher des im Jahr der Geowissenschaften 2002 gebildeten Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften (GeoMUWA), anknüpfend an die Tätigkeit der seinerzeitigen Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften (1981-92) der AdW der DDR, das wissenschaftliche Leben der Leibniz-Sozietät und ihre Wahrnehmung in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit über zwei Jahrzehnte entscheidend mitgeprägt und dazu beigetragen, dass sich die Arbeitskreise der Sozietät neben den regelmäßigen Klassen- und Plenarsitzungen zu wesentlichen neuen Elementen im Leben der Gelehrtengesellschaft entwickelt haben.

Dankenswerterweise hat der Jubilar für das ihm gewidmete Ehrenkolloquium am 11. April 2014 ein ausführliches Poster über Tätigkeit und Wirk-

8 Klinkman, H., Wöltge, H.: 1992 – Das verdrängte Jahr. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät 2(1999), 163-165.

9 Klinkmann, H., Wöltge, H.:1992 – Das verdrängte Jahr. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät 2(1999), 263-282.

samkeit des Arbeitskreises GeoMUWA vorbereitet, das über die ca. 25 Klassensitzungen, Projektberatungen, Workshops, und Kolloquien informiert, die der Arbeitskreis initiiert und organisiert hat, viele davon gemeinsam mit wissenschaftlichen Gesellschaften, Universitätsinstituten und unter Einbeziehung ausländischer Wissenschaftsakademien. Als Anknüpfungspunkte dienten häufig Gedenktage an herausragende Wissenschaftler der Vergangenheit oder Ehrentage von Mitgliedern der Sozietät. Die Ergebnisse liegen gedruckt in den Sitzungsberichten, auf CDs und neuerdings auch in Leibniz-Online dokumentiert vor. Interdisziplinarität und Theoria cum Praxi waren ständige Markenzeichen der Veranstaltungen, von denen hier nur Beiträge zur Energie- und Rohstoffproblematik[10] bzw. die Mitwirkung an der fünften wissenschaftlichen Jahreskonferenz der Leibniz-Sozietät,[11] besonders aber die Festsitzung zum 50. Jahrestag der bemannten Raumfahrt am 7. April 2011 mit der Vorstellung des Ehrenmitgliedes der Sozietät, Dr. Sigmund Jähn, hervorgehoben werden sollen.[12]

Die Thematik des Ehrenkolloquiums für Heinz Kautzleben „Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften“ könnte als Motto über der gesamten Tätigkeit des Arbeitskreises stehen. Die nahezu alle Zweige der geophysikalischen, geologischen, geochemischen und Weltraumwissenschaften und deren Anwendungen in der Gesellschaft umspannende thematische Breite der Aktivitäten des Arbeitskreises wäre ohne die entsprechenden Vorleistungen in der akademischen Ausbildung seines Sprechers und ohne dessen Erfahrungen als Forscher und Wissenschaftsorganisator in der Akademie der Wissenschaften der DDR schwer denkbar. Seinem umfassenden Überblick und seiner Weitsicht sind auch die Zuwahlvorschläge zu danken, mit denen Heinz Kautzleben die Zukunftsfähigkeit der Leibniz-Sozietät auf seinem Fachgebiet befördert hat.

Besondere Würdigung verdienen schließlich die transdisziplinären Aktivitäten des Naturwissenschaftlers zur Aufhellung und Diskussion der Geschichte der Berliner Wissenschaftsakademie und der verschiedenen Formen ihrer Gelehrtengesellschaft seit der Gründung der Brandenburgischen Sozie-

10 Sichere Versorgung der Menschheit mit Energie und Rohstoffen. Sitz.Ber. der Leibniz-Sozietät 82(2005).

11 Energiewende – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät 31(2012).

12 Herrmann, D. B.: Bericht des Präsidenten an den Leibniztag 2011. Sitz.Ber. der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften 111(2011), 9-21.

tät der Wissenschaften im Jahre 1700. Materialzusammenstellungen und Standpunktbildungen sind zumeist im Zusammenhang mit Veranstaltungen des Arbeitskreises dokumentiert und sollten klassenübergreifend weiter diskutiert werden.

Heinz Kautzleben war gemeinsam mit dem jüngst verstorbenen Gert Wangermann im Jahre 2008 der erste Träger der Daniel-Ernst-Jablonski-Medaille. Wenn er jetzt, wie seit langem angekündigt, seine Tätigkeit als Sprecher des Arbeitskreises beenden wird, ist ihm die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin zu tiefem Dank für die selbstlose und aufopferungsvolle Arbeit verpflichtet, die er ungeachtet auch zusätzlicher häuslicher Belastungen über zwei Jahrzehnte zur Pflege und Förderung der Geowissenschaften geleistet hat. Sie verbindet damit die Hoffnung auf Anregungen von seiner Seite für die künftige Tätigkeit des Arbeitskreises, der Wege zur Fortsetzung seiner Aktivitäten finden möge. Zu ersetzen sein wird sein langjähriger Sprecher Heinz Kautzleben nicht!

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 17–42*

Herbert Hörz

Dient Wissenschaft dem Wohl des Menschen? – Philosophisches zu Erfolgs- und Gefahrenrisiken

1. Problemstellung

Zu den Erfolgen der Entwicklung von Wissenschaft und Technik zählt die Erhöhung unserer Lebensqualität auf den verschiedensten Gebieten. Eine effektive Aneignung der natürlichen Ressourcen, Auswirkungen auf den Charakter der Arbeit, digitale Vernetzung in Produktion, Konsumtion, Logistik, Gesundheitsfürsorge, Bildung und Kultur sind Zeichen für eine durch die wissenschaftlich-technische Revolution erreichte Effektivitätssteigerung. Zu prüfen ist, ob das mit einer entsprechenden Humanitätserweiterung verbunden ist, wenn wir die Titelfrage beantworten wollen.

Mit der Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse entstehen, verkoppelt mit den Erfolgen, Gefahren für Mensch und Umwelt. Dazu gehören qualitativ neue Waffen, mit denen Kriege durch Hochtechnologien entmenschlicht werden. Neue Söldnerheere entstehen. Verluste an Menschen und Kulturgütern wachsen. Die Zerstörung natürlicher Lebensbedingungen der Menschen nimmt zu. Ökologische Katastrophen werden durch menschliche Eingriffe in die Selbstorganisation natürlicher Prozesse gefördert. Es kommt immer öfter zu Havarien in großtechnischen Systemen. Das fördert Misstrauen gegenüber der Wissenschaft und der Technikentwicklung. Bürgerbewegungen wenden sich gegen bestimmte Vorhaben. Zur Wahrheitssuche, um Erkenntnisgewinn zu erreichen, gehört deshalb die Risikoanalyse, mit der mögliche Erfolge bei der Erhöhung der Lebensqualität aller Glieder der Gesellschaft ebenso analysiert werden, wie die Gefahren für die Menschheit, für regionale und lokale Gebiete und menschliche Individuen.

Risiken für den Menschen umfassen objektive Naturprozesse, die in ihren Gesetzmäßigkeiten zu erforschen sind, um mögliche Gefährdungen rechtzeitig zu erkennen, Warnungen zu ermöglichen und Maßnahmen zur Schadensbegrenzung zu treffen. Anthropogene Einflüsse auf sie sind ebenso zu analysieren, wie gesellschaftliche Rahmenbedingungen. Wir haben es mit der

Durchsetzung von Interessen bestimmter sozialer Gruppen in unterschiedlichen Kulturkreisen zu tun, die mit ideologischen, politischen, wirtschaftlichen und militärischen Mitteln erfolgen. Das hat Auswirkungen auf betroffene Individuen. Es ist darauf zu achten, objektive Faktoren von Risiken nicht zu unterschätzen und zugleich zu analysieren, wie vorhandene objektive und subjektive Bedingungen genutzt und gestaltet werden können, um dem Wohl des Menschen zu dienen. Darauf ist bei der Differenzierung der Risiken näher einzugehen.

Wissenschaft betreiben Individuen mit unterschiedlichen Charakteren. Dazu gehören Kreative und Mittelmäßige, Ideengeber und Ausführende, solche, die für die Wissenschaft brennen und andere, die unbedingt Karriere machen wollen oder den Erfolg mit Betrug anstreben. Von den auf die Wissenschaft einwirkenden sozialen Gruppen werden bestimmte Interessen vertreten und gegen andere durchgesetzt. Die Gesellschaft investiert über Wirtschaft und Politik in die Wissenschaft und erwartet dafür einen entsprechenden Nutzen. Bestimmte für die Existenz des sozialen Systems wesentliche Normen werden zu Rechtsnormen, die Restriktionen für wissenschaftliche Forschung enthalten können und mit Sanktionen bei Nichteinhaltung belegt sind.

Welche Forschung besonders gefördert wird, hängt vor allem von der sozialen Zielstellung der Gesellschaft als eines sozialen Systems ab, zu dem die wissenschaftlichen Einrichtungen gehören und deren Staatsbürger die in der Wissenschaft Tätigen sind. Zwischenstaatliche, regionale und internationale Institutionen sind ebenfalls einer sozialen Zielstellung durch Initiatoren, Gestalter und Kontrolleure unterworfen. Sie bestimmt, welche Charaktertypen gefördert oder zurückgesetzt werden. Obwohl Wahrheitssuche zum Wohl der Menschen als humane Zielstellung wissenschaftlicher Arbeit immer wieder betont wird, gibt es keinen universellen Moralkodex für alle, die in der Wissenschaft tätig sind. Wer materielle, personelle und finanzielle Ressourcen bereit stellt, verlangt Ergebnisse. Sind es militärische Einrichtungen, dann geht es um Waffenentwicklung. Die Wirtschaft interessiert sich für die Effektivitätssteigerung, oft unabhängig davon, ob Humanitätserweiterung erreicht wird. Nicht selten verkommt Politikberatung zur wissenschaftlichen Begründung gewünschter politischer Maßnahmen, die dann als alternativlos ausgegeben werden.

Jeder, der sich mit Wissenschaft befasst, hat die Möglichkeit, sich mit vorgegebenen sozialen Zielen, Moralnormen und ihrer rechtlichen Fixierung zu identifizieren, sie mit zu gestalten, ihren Spielraum auszunutzen oder sie zu negieren und dagegen zu handeln. In jedem sozialen System wird moralisches

und unmoralisches oder gar strafwürdiges Verhalten differenziert. Letzten Endes geht es darum, ob die wissenschaftlich Forschenden und Lehrenden sich moralisch, d.h. menschenwürdig, oder unmoralisch, d.h. den Interessen der Menschheit widersprechend, verhalten. Dient Wissenschaft also dem Wohl der Menschen, gemessen an Humankriterien, oder ist sie dagegen gerichtet, was den Weg zur Barbarei einschließen könnte? Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten.

Philosophisch geht es um die Risikoproblematik, da keine eindeutigen wissenschaftlich begründeten Prognosen über Erfolge und Gefahren menschlichen Handelns möglich sind, sondern nur Aussagen nach folgendem Muster: Wenn bestimmte Bedingungen existieren oder geschaffen werden, dann verwirklicht sich eine bestimmte Möglichkeit aus einem Möglichkeitsfeld mit hoher oder niederer Wahrscheinlichkeit. Mit solchen Unsicherheiten müssen wir leben. Dem entspricht die wissenschaftliche Begründung möglicher Szenarien als Grundlage für Entscheidungen. Philosophisch wird dem ein dialektischer Determinismus mit einer stochastischen Denkweise gerecht. (Hörz, H. 1962, 2013)

Risiken sind mögliche Ereignisse, die von Menschen angestrebt werden, um bestimmte Zielstellungen zu erreichen, also Erfolg zu haben, oder Gefahren zu minimieren. Sowohl objektive Prozesse als auch menschliche Taten können zu Sach- und Personenschäden führen. Erfolge auf der einen Seite können mit Schäden auf der anderen verbunden sein. Es ist dann Güterabwägung erforderlich, die jedoch ebenfalls interessengeleitet erfolgt. Die Leibniz-Sozietät und der Arbeitskreis Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften (GeoMUWA) haben auf Sitzungen und Tagungen zum sorgsamen Umgang mit Ressourcen, zur Vermeidung von Umweltschäden, zur sicheren Versorgung mit Energie, zu Gefahren bei der militärischen Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse, generell bei ihrer Nutzung zum Schaden von Personen und Sachgütern Stellung bezogen. Wissenschaft dient auf jeden Fall den Menschen und dabei bestimmten Interessen. Das ist nicht nur positiv zu sehen. Erfolge für eine Gruppe können sich für andere soziale Gruppen negativ auswirken.

Jeder Forschende und Lehrende hat eine Philosophie, ob bewusst oder unbewusst. Sie ist die Rahmentheorie seines Handelns. Auf Probleme wissenschaftlicher Tätigkeit hat der Jubilar Heinz Kautzleben, Sprecher des Arbeitskreises GeoMUWA, in vielen Stellungnahmen hingewiesen und betont: „Wissenschaft dient dem Menschen, der Menschheit, wird von den Menschen und ihren Organisationen genutzt.“ (Kautzleben 2013) Es geht darum, wie Wissen gewonnen und wofür es von wem genutzt wird. Die Sicht

des Geowissenschaftlers auf philosophische Probleme, zu denen die konkret-historische Rolle der Wissenschaft gehört, soll hier durch die philosophische Sicht ergänzt werden. Philosophie als Brücke zwischen Wissenschaft und Weltanschauung hat sich dabei als Welterklärung, Heuristik und Entscheidungshilfe zu bewähren. (Hörz, H. 2007a)

Ausgehend von der Feststellung des Jubilars, dass Wissenschaft dem Menschen dient, ist die Frage zu beantworten, wie gemessen werden kann, ob sie dem Wohl des Menschen dient. Das wirft weitere Fragen auf, die nun zu beantworten sind: Werden wissenschaftlich begründete Warnungen vor Gefahren politisch ernst genommen? Welche Risiken bergen die als Fallbeispiele hier genutzten Entwicklungen der Gentechnik und der Klimawandel in sich? Worin besteht das Wohl des Menschen? Welche Sicherheitskultur wird gefordert und gepflegt? Wie kommt Wissenschaft von statistischen Analysen zum erforderlichen Aktionswissen? Zum Fazit gehört die Frage: Sind Volksentscheide zur Wissenschaft sinnvoll? Darüber ist nachzudenken. Selbst wenn keine klaren Antworten zu erwarten sind, wird das Problembewusstsein geschärft.

2. Werden wissenschaftliche Warnungen vor Gefahren politisch ernst genommen?

Die Leibniz-Sozietät hat sich mit Gefahren der wissenschaftlich-technischen Entwicklung nicht nur im Zusammenhang mit der Politikberatung und in Auseinandersetzung mit politischen Hemmnissen befasst, sondern sowohl ihre eigene Verantwortung (Debatte Verantwortung 2009) als auch die vor uns stehenden transdisziplinären Aufgaben betont. (Banse, Fleischer 2011) Generell geht es um die Frage, ob die gegenwärtige Ethik noch zeitgemäß ist. Antworten darauf haben wir mit der Darlegung von Grundsätzen einer Ethik der Neomoderne gegeben. (Hörz, H.E., Hörz, H. 2013)

Wir leben in einer risikoreichen Zeit mit prinzipiellen gesellschaftlicher Veränderungen, kultureller Vermischung und der Entwicklung von Hochtechnologien mit Humanpotenzialen und Gefahrenrisiken. Wissenschaft und Technik verändern die Produktions- und Lebensweise der Menschen radikal. Technologien als theoretische und praktische Mittel zur Gestaltung unseres Lebens sind aus allen Bereichen menschlichen Daseins nicht mehr wegzudenken. Sie bestimmen unsere Erwerbstätigkeit ebenso, wie unsere Freizeit, unseren Tagesablauf, Gesundheit und Krankheit, Sport und Erholung, Wissenschaft und Bildung, Freizeit und Vergnügen. Eine dritte industrielle Revolution wird prognostiziert. Nach der ersten mit Maschinenbau, chemischer Industrie und der Verwissenschaftlichung der Fertigung materieller Güter

kam die zweite mit dem Atomzeitalter. Nun käme es zu einer dritten. (Rifkin 2011) Das Zusammentreffen von Internettechnologie und erneuerbaren Energien würde danach zu einer Umstrukturierung der zwischenmenschlichen Beziehungen führen. Nun wird die digitale Vernetzung der Produktionsprozesse als Industrie 4.0 vorbereitet. Die Entwicklung von Avataren mit künstlicher Intelligenz hat zu einer philosophischen Debatte um einen Transhumanismus geführt. (Hörz, H.E., Hörz, H. 2014) Statt rationaler Erklärungen suchen manche Menschen Hilfe bei Gurus und flüchten in esoterisch-spirituellen Glauben. Dagegen ist die wissenschaftlich fundierte Aufklärung in der Neomoderne zu setzen, denn Debatten über Sinn und Bedeutung wissenschaftlicher Vorhaben für Mensch und Natur finden nicht nur in Expertenrunden und Entscheidungsgremien statt, sondern auch in der nicht immer ausreichend informierten Öffentlichkeit. Die öffentliche Meinung wirkt sich dann auf politische, wirtschaftliche, moralische und rechtliche Maßnahmen aus. Das macht eine vorteilsfreie und sachlich begründete Risikobewertung schwer.

Hinzu kommt die globale Dimension der Problematik, die sich etwa bei der Gentechnik und der Klimaveränderung zeigt. Es geht nicht mehr nur um lokale und regionale Konflikte. Wissenschaft und Technik haben viele Probleme globalisiert. Die Internationalisierung des Warenaustauschs, wachsende Migrationsströme, ansteigende Reisetätigkeit u.a. bringen z. B. Krankheitserreger und Schädlinge der verschiedensten Art, die früher lokal oder regional auftraten, in andere Regionen, worauf zu reagieren ist. Neue Bedürfnisse entstehen durch kulturellen Austausch. Finanztransaktionen mit Auswirkungen auf die Realwirtschaft und das Zusammenleben der Menschen finden in kurzer Zeit über große Entfernungen statt. Der Informationsdschungel wächst und lässt wesentliche Informationen unter der Oberfläche verschwinden.

Immer wieder gibt es in den Medien Meldungen über Gefahren, auf die politisch zu reagieren sei. Höhepunkte der Berichterstattung sind auszumachen, die einige Tage die Öffentlichkeit beschäftigen. 2009 ging es z. B. um die Schweinegrippe. Die damalige Risikoproblematik gilt auch für andere Fälle zu anderen Zeiten. Hanno Albrecht führte für Zeit-online vom 27.11.2009 ein Gespräch mit dem Risikoforscher Gerd Gigerenzer, Direktor des Harding-Zentrum für Risikokompetenz am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin. Es wurde unter dem berechtigten Titel publiziert: „Nichts ist sicher“. Es ging darum, wie man Menschen helfen kann, in einer modernen, technologischen Welt richtige Entscheidungen zu treffen. Gigerenzer meinte: „Ich denke, wir sollten in Deutschland einen etwas entspannteren Umgang mit Risiken lernen. Es gibt immer regelrechte Wellen der Angst, von BSE über Sars zu Vogel- und jetzt Schweinegrippe. Was haben wir uns damals vor BSE

gefürchtet und deshalb kein Rindfleisch mehr gegessen!“ Auf die Frage nach den weiteren Prognosen ergänzte er: „Das ist der Punkt. Das Leben ist voller Überraschungen. Man darf nicht versuchen, Sicherheiten zu suchen, wo keine sind. Wir müssen uns der Herausforderung stellen, auch mit unsicheren Informationen umzugehen.“ Auf die Frage, ob Risikoforschung helfen könne, entsprechende Entscheidungen zu treffen, ergänzte er: „Sie kann einem zumindest helfen, sich bestimmte Zusammenhänge vor Augen zu führen. Es gibt viele Gesundheitsgefahren, denen wir relativ gleichgültig gegenüberstehen. Nehmen Sie das Rauchen. Nach Schätzungen sterben jedes Jahr 3000 Menschen an den Folgen des Passivrauchens, darunter 60 Kleinkinder. Solche Gefahren ignorieren wir gern, weil unsere Aufmerksamkeit eher von Neuem und möglichen Katastrophen angezogen wird. Oder ein anderes Beispiel: An BSE starben europaweit in zehn Jahren etwa 140 Menschen. In derselben Zeit sind 140 Kinder durch das Trinken von parfümiertem Lampenöl gestorben. Ich bin im Beirat der Bundesanstalt für Risikobewertung, die über Jahre hinweg versuchte, ein Warnetikett für Lampenöl durchzusetzen. Das stieß auf großen Widerstand. Wären diese 140 Kinder innerhalb einer Woche gestorben – was hätte das für einen Aufruhr gegeben! … Wir sollten als Bürger einer funktionierenden Demokratie akzeptieren, dass wir selbst entscheiden müssen, und nicht nur andere fragen, was wir tun sollen.“ Zur Frage, was die Regierung zu tun habe, heißt es dann: „Es stimmt, die Regierung ist im Zugzwang. Die Medien schüren Ängste, die Bevölkerung ist beunruhigt, sie schreit nach Papa Staat. Jetzt können die Behörden zwei mögliche Fehler machen: Sie agieren nicht – und dann passiert etwas. Oder sie agieren – und nichts passiert. Beides ist für eine Regierung schwer zu rechtfertigen. Aber die zweite Variante ist die, bei der man nicht so leicht den Kopf verliert. Ähnlich entscheiden im Einzelfall übrigens auch viele Ärzte: Um sich gegenüber den Patienten abzusichern, machen die Ärzte in der Regel mehr Behandlungen, mehr Operationen, als wirklich nötig wären.“ (Albrecht 2009)

Was ergibt sich daraus für unser Thema:

1. Risiken sind wissenschaftlich fundiert zu analysieren, um mögliche Erfolge und wirkliche Gefahren zu identifizieren. Sie sind nicht danach zu beurteilen, wie sensationell über sie berichtet wird. Die Öffentlichkeit reagiert oft mit Angst auf berichtete Risiken und bekommt kaum Aufklärung über die wirklich existierenden. Deshalb werden manchmal mögliche Erfolge nicht gesehen, wenn Bürgerbewegungen gegen Neuerungen Front machen.
2. Es gibt keine absolute Sicherheit. Darauf ist bei der Frage nach der erforderlichen Kultur des Umgangs mit Risiken zurückzukommen.

3. Die Statistik zeigt mögliche Gefahren, bietet jedoch noch kein Aktionswissen. Insofern ist sie als Heuristik Aufforderung zur konkreten wissenschaftlichen Analyse. Darauf ist ebenfalls noch einzugehen.
4. Reaktionen auf wissenschaftlich begründete politische Forderungen stoßen auf Interessen, die zur Ablehnung von vorgeschlagenen Maßnahmen führen können, wie das Beispiel mit dem Lampenöl zeigt. Ein bissiger Kommentar zum angeführten Interview lautete am nächsten Tag: „Falsch, es gibt keine Wellen der Angst sondern Epizentren der Propaganda, die das wiederholen, was die Seilschaften aus der Pharmalobby von den Dächern pfeifen. Bestes Beispiel ist ja die aktuelle sogenannte ‚Epidemie'. Wo findet die Epidemie statt? In den Köpfen der Menschen und in den Börsenkursen der Pharmaindustrie." (Albrecht 2009)
5. Politik schreibt der Wissenschaft eine Erklärungsfunktion zu. (Hörz, H. 2013a) Sie solle begründen, welche Maßnahmen einzuleiten sind und warum bestimmte funktionieren oder nicht. Dabei geht es vor allem um eine Rechtfertigung der aktuellen Politik, während wissenschaftlich begründete Politikkritik ignoriert oder nur zögernd zur Kenntnis genommen wird. Auf der anderen Seite beklagen Stimmen aus der Wissenschaft die ungenügende Umsetzung ihrer Vorschläge durch die Politik. Auf beiden Seiten gibt es bei Krisen die Suche nach einem Alibi für nicht eingetroffene Prognosen, für nicht eingehaltene programmatische Forderungen, für ungenügende Risikoabschätzungen bei Katastrophen und Havarien. Das Schwarze-Peter-Spiel funktioniert dann ganz gut.
6. Reaktionen auf die meist nicht wissenschaftlich ausreichend begründete Risikobewertung durch Medien und Öffentlichkeit, die wegen Verkaufszahlen und Einschaltquoten, Angst schürt, Hektik verbreitet, zwingt zum Handeln, das interessengeleitet ist. Politik braucht bei der nächsten Wahl die Stimmen der Betroffenen und die Unternehmen nutzen die Angst, um zu profitieren.

3. Fallbeispiele: Risiken von Gentechnik und Klimaveränderung

Zwei Fallbeispiele, die den Themenbereich des Arbeitskreise GeoMUWA betreffen, sollen kurz genannt werden, um die Komplexität der Problematik zu verdeutlichen: Gentechnik und Klimaveränderung. Es wird daran deutlich, dass wissenschaftlich genau zu prüfen ist, welche Risiken existieren. Dabei sind Vor- und Nachteile abzuwägen, um herauszufinden, was dem Wohl der Menschen dienen könnte, also die Erfolgsrisiken abzuwägen, und dagegen die Gefahrenrisiken zu setzen. Das Wohl der Menschen, auf das noch einzugehen

ist, wäre dabei im Sinne der Erhöhung der Lebensqualität aller Glieder einer soziokulturellen Einheit zu verstehen. So wird über Pro und Contra zur Gentechnik umfangreich diskutiert. Über die Vorteile heißt es: „Mit Hilfe genetisch veränderter Pflanzen könne in Zukunft biologisch abbaubares Plastik geschaffen werden. Und gentechnisch veränderte Bakterien könnten im Kampf gegen Ölkatastrophen eingesetzt werden. Moderne Gesundheitsvorsorge sei ohne Gentechnik nicht mehr vorstellbar … Menschen, die unter Parkinson, Alzheimer oder Diabetes leiden, dürften erwarten, dass Stammzellenforschung ihnen hilft.“ Über Nachteile wird u.a. festgestellt: „Laut einer Studie des US-Landwirtschaftsministeriums bringt die ‚grüne‘ Gentechnik den Bauern weder höhere Erträge, noch wird der Pestizideinsatz verringert. Der Preisverfall wird sich wahrscheinlich selbst bei hervorragendem Erfolg der Gentechnologie in Grenzen halten, da durch die steigende Erdbevölkerung auch die Nachfrage nach Lebensmitteln steigt. Wird ein Breitband-Herbizid eingesetzt, so können eventuell Wildpflanzen ausgerottet werden. Insbesondere können davon verwandte Wildpflanzenarten (z.B.Wildmais) betroffen werden. Monokulturen drohen zu entstehen. … Risiken können oft noch nicht überblickt werden. Es wurden noch keine genügend detaillierten Tests durchgeführt. Gentechnik kann im militärischen Bereich eingesetzt werden. Gefährliche Mikroorganismen können durch sie noch gefährlicher gemacht werden. … In Zukunft werden wahrscheinlich nur wenige, monopolistisch geführte Unternehmen, den Weltmarkt kontrollieren. So teilen sich bereits jetzt 24 von insgesamt 1500 Unternehmen die Hälfte des Saatgutmarkts der Welt auf. In Amerika beherrscht Monsanto schon 80 % des US-Saatgutmarktes für Baumwolle. Der Anteil einzelner Firmen wird noch steigen, da es auf Gentechnik bekanntlich Patente gibt.“ (Gentechnik 2014)

Ein Glaubenskrieg zwischen Gegnern und Befürwortern, oft von Medien provoziert, hilft nicht weiter. Eine sachliche Analyse der Risiken, mit Argumenten untermauert und im Meinungsstreit abgesichert, ist erforderlich, um philosophischen Reduktionismus zu vermeiden und bei der für die Entscheidungen wichtigen Modellbildung zu wissenschaftlich berechtigten Reduktionen zu kommen. (SB 2010)

Der Hinweis auf die Globalisierung von Gefahren, die die Menschheit insgesamt betreffen und internationale Reaktionen erfordern, trifft auch für die Veränderungen unseres Klimas zu. Wie schwer dabei Interessenkonflikte zwischen Staaten und Regionen, zwischen dem Wohl der Menschen und der Profitgier von Unternehmen zu lösen sind, zeigen die Anstrengungen, ein wissenschaftlich begründetes und durchsetzbares Klimaabkommen über die

UNO zu erreichen, das Gefahren für die Existenz der Menschheit bannt und den Erhalt natürlicher Lebensbedingungen der Menschen garantiert.

Unser Mitglied Karl Lanius (1927-2010) hat, wie andere Mitglieder auch, auf die damit verbundene Problematik für unsere Zukunft aufmerksam gemacht. Ihm ging es dabei um „Tipping points", die eine prinzipielle Veränderung von Zuständen anzeigen, nach denen die Prozesse nicht mehr umkehrbar sind. „Unser Einwirken auf das Klimasystem der Erde hat ein Ausmaß angenommen, welches bereits eine Störung des Gleichgewichts im System bewirkt hat. Die Menschheit führt gegenwärtig ein Experiment großen Maßstabs durch, wie es nie zuvor möglich gewesen wäre. Es steht zu befürchten, dass die anthropogenen Einflüsse die Antriebsfaktoren des Klimasystems bereits so stark verändert haben, dass ein unumkehrbarer Prozess eingeleitet worden ist. Sein Ausgang ist nicht vorhersagbar." Trotz unsicherer Prognosen ist es wichtig, die anthropogenen Einflüsse zu analysieren und mögliche Szenarien zu diskutieren.

Lanius bemerkte: „Die Frage, die viele Menschen zum Beginn des 21. Jahrhunderts bewegt, ist die nach ihrer Zukunft und nach der ihrer Kinder. Aus unterschiedlichen, teils objektiven, teils subjektiven Gründen hat das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Prognosen der Wissenschaftler abgenommen. Insbesondere in den letzten Jahren hat die zunehmende Erkenntnis der Komplexität des Klimasystems, in das unsere Existenz untrennbar eingebettet ist, unter den Wissenschaftlern die Einsicht wachsen lassen, dass auch das Klimasystem eine prinzipiell unvorhersagbare Entwicklung nimmt. Wir sind außerstande, das Eintreten des nächsten Klimasprungs zu prognostizieren." (Lanius 2009, S. 7f.) Diese Feststellung darf nicht dazu führen, einfach nichts zu tun. Doch eine globale Strategie, umgesetzt in regionale und lokale politische Zielsetzungen, ist nicht auszumachen. Es dominiert eine strategielose politische Aktivität mit wirkungslosen Sprechblasen und kurzfristigen taktischen Maßnahmen, um Wählerstimmen zu gewinnen. Damit werden wissenschaftlich begründete Warnungen konterkariert.

Es gilt weiter die Einschätzung von Lanius: „Berufsökonomen und Regierungen gehen unbeirrt davon aus, dass sich die ökonomischen Verhältnisse im Gleichgewicht befinden. Gelegentliche krisenhafte Störungen lassen sich durch gezielte Maßnahmen wie Zinssenkungen, Finanzhilfen für Geldinstitute und Investitionen überwinden – das System kehrt ins Gleichgewicht zurück. Die Naturwissenschaften lehren uns, dass gewisse dynamische Entwicklungen nicht zum Gleichgewicht führen, sondern eine chaotische, unvorhersehbare zeitliche Entwicklung einschlagen können. Die hohe Komplexität des globali-

sierten Kapitalismus begünstigt den Weg ins Chaos.“ (Lanius 2009, S. 36) Dem ist im Interesse der Menschen auf jeden Fall entgegenzusteuern.

Der militärische Aspekt der Klimaproblematik wird in den Klimakriegen gesehen, verbunden mit der Antwort auf die Frage, wofür im 21. Jahrhundert getötet wird. Harald Welzer geht als Kulturwissenschaftler auf die tiefgreifenden globalen Auswirkungen des Klimawandels ein. Überlebensräume verschwinden. Gerechtigkeitslücken bei der Verteilung lebensnotwendiger Güter, wie Energie und Wasser, werden vertieft. Gewalt werde als Lösung eingesetzt. Das führe zu Bürgerkriegen und Flüchtlingsströmen. Möglichkeiten eines kulturellen Wandels als Ausweg „aus der tödlichen Logik von unaufhörlichem Wachstum und grenzenlosem Konsum“ werden zwar gesehen, doch der Autor schätzt ein, dass die „dunkle Perspektive“ eintritt, denn der Ausgang des Klimawandels sei „nicht gut.“ „Seine Folgen werden nicht nur die Welt verändern und andere Verhältnisse etablieren, als man bisher kannte, sie werden auch das Ende der Aufklärung und ihrer Vorstellung von Freiheit sein.“ (Welzer 2012, S. 17) Eine „qualitative Entwicklungschance“ sei zwar vorhanden, doch die „Fixierung auf scheinbare Sachzwänge schließt Denk- und Handlungsmöglichkeiten aus, die bei distanzierter Betrachtung ohne weiteres gegeben sind.“ Als Beispiele dafür werden angeführt:

1. Norwegen investiere das durch Ölvorkommen zugewachsene Volksvermögen nicht in die Erhöhung des Wohlstands der Zeitgenossen, sondern verfolge eine nachhaltige Anlagepolitik, damit kommende Generationen von sozialstaatlichen Maßnahmen profitieren können.
2. Die Schweiz favorisiere die öffentlichen Verkehrsmittel und stelle die Einbindung aller Gemeinden in das öffentliche Verkehrsnetz sicher.
3. Estland garantiere den öffentlichen Internetzugang als Grundrecht.
4. „Die Entscheidung der deutschen Bundesregierung im Jahr 2003 sich der militärischen Allianz gegen den Irak zu verweigern und dafür erheblichen außenpolitischen Druck auf sich zu nehmen, hat sich als richtig und weitsichtig erwiesen.“ Doch das Problem der globalen Bedrohung werde nicht gesehen. Gegenüber Gewalt sei man noch zu nachsichtig. Disparate Interessenlagen würden ein gemeinsames Abbremsen der Erwärmung verhindern. So sei die Zielstellung, sie bis Mitte des Jahrhunderts auf zwei Grad abzustoppen, unrealistisch. „Das 21. Jahrhundert ist in Ermangelung zukunftsfähiger Gesellschaftsmodelle utopiefern und ressourcennah – es wird getötet, weil die Täter jene Ressourcen beanspruchen, die die Opfer haben oder auch nur haben möchten.“ (Welzer 2012. S. 274-276)

Auf eine Reihe philosophischer Aspekte zu dieser Problematik bin ich an anderer Stelle ausführlich eingegangen, als ich Antworten auf die Frage suchte, wie das vorhandene Utopie-Defizit in Wissenschaft und Politik zu überwinden ist. (Hörz, H. 2013a) Probleme im Verhältnis von Wissenschaft und Politik sind nicht zu übersehen. Trends der Wissenschaftsentwicklung, zeigen, dass die für die Wahrnehmung von Verantwortung als Pflicht zur Beförderung der Humanität erforderliche Kompetenzerweiterung politisch nicht gefördert wird, wie an anderer Stelle gezeigt. (Banse, Fleischer 2011, S. 95) Dazu gehören:

- Wissenschaftliche Arbeit ist kaum auf die aktuellen Herausforderungen zur inter-, multi- und transdisziplinären Arbeit orientiert, die durch die wachsende Komplexität von Aufgaben und Entscheidungssituationen gefordert ist und Kompetenzerweiterung der Spezialisten erfordert.
- Wissenschaftlich begründete langfristige Strategien kollidieren mit kurzfristiger politischer Stückwerktechnologie, die sich auf die Wahlperiode und die Wiederwahl orientiert.
- Setzt sich in der Wirtschaft mittelfristiges Nützlichkeitsdenken durch, dann werden Gelegenheiten zur prinzipiellen Umorientierung verpasst und Produkte, die zukünftig wettbewerbsfähig sein könnten, nicht entwickelt. Krisen verschärfen dann die Mängel und machen sie zwar für die Öffentlichkeit sichtbar, doch der eigentliche Grund, die fehlende, wissenschaftlich begründete langfristige Orientierung tritt dabei in den Hintergrund.
- Eine menschenfreundliche Umweltgestaltung verlangt Technologien, die Energie- und materialsparende gewünschte Artefakte produzieren, die langlebig sind. Das hat jedoch Auswirkungen auf den Gewinn eines Unternehmens, dem Kurzlebigkeit eventuell entgegen kommt.
- Ansätze zur Technologiefolgenbewertung bestimmen mögliche zukünftige Erfolgs- und Gefahrenrisiken neuer Technologien, doch stehen ihrer Berücksichtigung bei Entscheidungen mehrere Hemmnisse entgegen: (a) Ignoranz der Entscheider, (b) Profilierungssucht von Politikern, die zu gewünschter Auslegung führt, (c) Die Nutzung von Gegengutachten auf der Grundlage einseitiger Betrachtungen.
- Die strategischen Potenzen wissenschaftlicher Erkenntnisse werden kaum auszuloten sein, wenn kurzfristige Projekte, die Einwerbung von Drittmitteln, der Wechsel kreativer Personen von einem Gebiet zum anderen, die Herausbildung inter-, multi- und transdisziplinärer Kompetenzen behindert.

Wir können festhalten, dass die für die Wahrnehmung von Verantwortung durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler notwendige Erweiterung der Kompetenz, um die soziale Wirkung bewerten zu können, nicht gefördert wird. Politiker möchten ihre angeblich für das Wohl des Volkes getroffenen Entscheidungen, die oft durch spezielle Interessengruppen und ihre Lobbyisten gefordert und gesponsert werden, nicht der Kritik von Seiten der Wissenschaft aussetzen. Es scheint so, als ob das Prinzip „divide et impera" genutzt wird, um politische Grenzen für die „Nicht-Kompetenten" zu ziehen, indem eine Arbeitsteilung zwischen den für die Erkenntnisbeschaffung auf der einen, und den für Entscheidungen „kompetenten Volksvertretern" auf der anderen Seite betont wird. Dabei bringen politische Entscheidungsbefugte, nicht unbedingt im parlamentarischen Streit, wie in einer Demokratie gefordert, die von den wirtschaftlich Mächtigen vorgegebenen Sollsätze in Gesetze und Verordnungen und handeln entsprechend. Wissenschaftlich fundierte Gesellschaftskritik ist unerwünscht. Sie wird marginalisiert, geht oft im Überangebot an Informationen unter oder man ignoriert sie einfach. Politische Maßnahmen werden dann als alternativlos ausgegeben.

Dem kommt die negative Seite der revolutionären Veränderung der Denkzeuge mit Internet und Massenmedien entgegen. Die im Informationsdschungel „vorbeihuschenden Wahrheiten" sind nur schwer zu fassen. Wesentliches und Unwesentliches wird vermengt. Geistige Umweltverschmutzung ist die Folge. Die Suche nach Wahrheit verlangt Analysen widersprechender Schilderungen der gleichen Ereignisse und eine kritische Sicht auf die Bewertungsinstanzen, die uns Informationen übermitteln. Das führt zu der Frage, worin denn das Wohl der Menschen besteht.

4. Worin besteht das Wohl des Menschen?

Wissenschaft hat sich als rationale Aneignung der Wirklichkeit in einem zyklischen Typenwandel bis zum Wissenschaftstyp der wissenschaftlich-technischen Revolution entwickelt. Wissenschaft trägt als *Produktivkraft* direkt oder indirekt zur effektiveren gegenständlichen Gestaltung der Wirklichkeit bei, die sich in der Herstellung materieller und kultureller Güter zur Befriedigung von Bedürfnissen ausdrückt. Als *Kulturkraft* erweitert sie den Weltfundus der Wissenschaften an neuen Erkenntnissen und bewahrt die Schätze bisherigen kulturellen Strebens durch Bildung und Weiterbildung für weitere Generationen. Als *Humankraft* bestimmt sie die Ziele des Handelns, um zu solchen Lösungen zu kommen, die der menschlichen Verantwortung adäquat sind. Diese

Funktionen werden jedoch unter bestimmten gesellschaftlichen Verhältnissen und zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich genutzt. (Hörz, H. 1988, 2014)

Auf dem Kolloquium zu den Montanwissenschaften am 29.10.2010 unterbreitete Heinz Kautzleben ein Angebot als Antwort auf die Frage, was Wissenschaft sei. Dazu stellte er u.a. fest: „Wissenschaft dient den Menschen, um das Leben zu erleichtern, wird vielfach betrieben und genutzt zur Festigung von Macht. ‚Wissen' umfasst auch das Wissen vom zweckmäßigsten Einsatz von ‚Wissen'." (Kautzleben 2010, 09, Folie 5) Weiter bemerkte er: „Es ist ganz offensichtlich, dass die Entwicklung der Montanwissenschaften in enger Verbindung mit der Entwicklung der Montanwirtschaft in Deutschland steht. Die Entwicklung muss und kann nur vorangetrieben werden, wenn durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Montanwissenschaften insbesondere mit den Sozialwissenschaften Klarheit über die Verflechtung der ökonomischen, der umweltpolitischen, der sicherheitspolitischen und der montangeologischen Fragen unter den konkreten Bedingungen in der Bundesrepublik Deutschland, einem Staat mit einer Wohlstandsgesellschaft und einer starken Wirtschaft auf einem dichtbesiedelten Territorium, und die daraus zu ziehenden Folgerungen geschaffen wird." (Kautzleben 2010, 26, S. 2) Das Wissenschaftsverständnis beschäftigte ihn weiter. So heißt es bei ihm: „Wissenschaftler sind Personen, die Wissenschaft als Beruf betreiben. Große Wissenschaftler betreiben Wissenschaft aus Berufung. Wissenschaft dient dem Menschen, der Menschheit, wird von den Menschen und ihren Organisationen genutzt. Wissenschaftler dienen ihrem Land auf spezifische Weise. Wissenschaft ist international. Kein ernsthafter Wissenschaftler darf ausgeschlossen werden. Humanisten treten ein für Frieden und Toleranz. Die Spezifik: Geodäsie und Staatsgebiet." Auf diese Spezifik wird von kompetenter Seite in den anderen Vorträgen eingegangen. Über die Leibniz-Sozietät heißt es weiter: „Zweck des Vereins ist, uneigennützig und im Interesse der Allgemeinheit die Wissenschaft gemäß den Traditionen der Gelehrtengesellschaft zu fördern, die auf Initiative von Gottfried Wilhelm Leibniz gegründet wurde und ihre erste organisatorische Form unter Einflussnahme durch Daniel Ernst Jablonski erhielt. Der Verein will einen angemessenen Beitrag zum geistigen Leben leisten." (Kautzleben 2013)

Prinzipiell gilt: Wissenschaft dient dem Wohl der Menschen, wenn das den Zielstellungen sozialer Systeme entspricht, wobei politische und ökonomische Interessen dem nicht entgegenstehen dürfen.

Das ist kein neues Problem. Es beschäftigte schon frühere philosophische Denker. Zu ihnen gehörte Jean-Jacques Rousseau (1712-778), dessen Wirken

die Leibniz-Sozietät auf einer Tagung 2012 anlässlich seines 300. Geburtstags gewürdigt hat. (SB 2013) 1750 vergab die Akademie von Dijon einen Preis für die Abhandlung von Jean-Jacques Rousseau zu der von ihr gestellten Frage: Hat das Wiederaufleben der Wissenschaften und Künste zur Besserung der Sitten beigetragen? Die Ursache für den Erwerb von Erkenntnissen sah Rousseau in den Lastern der Menschen. „Die Astronomie entspringt dem Aberglauben, die Beredsamkeit dem Ehrgeiz, dem Haß, der Schmeichelei und der Lüge, die Geometrie dem Geiz, die Physik eitler Neugier, alle, selbst die Moral, dem menschlichen Stolz. … Wir wären über ihre Vorteile weniger im Zweifel, wenn wir sie unseren Tugenden verdankten. … Wenn unsere Wissenschaften schon durch das unnütz sind, was sie zum Gegenstand haben, so sind sie noch viel gefährlicher durch ihre Wirkung." (Rousseau 1965, S. 45f.) Sie seien Zeitverschwendung und förderten den Müßiggang. Er lehnte nicht generell den Erwerb von Erkenntnissen ab, sondern beklagt etwa die Überhöhung der Philosophen, von denen jeder etwas anderes verkünde, gegenüber dem Landarbeiter, der Nützliches leiste. „Man fragt bei einem Menschen nicht mehr, ob er rechtschaffen ist, sondern ob er Talent hat, bei einem Buch nicht mehr, ob es nützlich, sondern ob es gut geschrieben ist. Die Belohnungen werden an den Schöngeist verschwendet, und der Tugend werden keine Ehren zuteil. Es gibt tausend Preise für schöne Abhandlungen, aber keine für schöne Taten." (Rousseau 1965, S. 55) Für ihn ist es die konkrete Vergesellschaftung der Menschen mit dem nun durch die Institution des Eigentums bedingten vorherrschenden Konkurrenzdenken, die das Böse in die Welt bringt. Seine Überlegungen gehen auf eine Verbindung von wirklicher Wissenschaft mit der gesellschaftlichen Macht, wenn er den Herrschern empfiehlt: „Die Gelehrten ersten Ranges sollten an ihren Höfen eine ehrenvolle Aufnahme finden. Sie sollten dort die einzige ihnen würdige Belohnung erhalten, nämlich durch ihr Ansehen zum Glück der Völker, denen sie ihre Weisheit vermitteln, beitragen zu können. Erst dann wird man sehen, was Tugend, Wissenschaft und Autorität vermögen, die in edlem Wettstreit Auftrieb erhalten und vereint zum Glück des Menschengeschlechts wirken. Solange aber die Macht auf der einen Seite allein steht und die Aufklärung und die Weisheit allein auf der anderen, werden die Gelehrten selten Großes denken, die Fürsten noch seltener Gutes tun und die Völker weiterhin gemein, verdorben und unglücklich sein." (Rousseau 1965, S. 60)

Ist diese Kritik einfach den damaligen Zuständen zuzuschreiben? Sicher haben sich die Bedingungen inzwischen geändert. In der Profitgesellschaft wird auf den Nutzen geachtet. Die Kommerzialisierung der Wissenschaft

schreitet voran. Doch der von Rousseau beklagte Zwiespalt zwischen Macht und Aufklärung besteht weiter. Wenn in dieser Talk-Gesellschaft nicht selten Prominente mit wenig Entscheidungsbefugnis und oft unzureichender Kompetenz auf dem zu behandelnden Gebiet über aktuelle Themen reden, dann werden Schönredner mit der Möglichkeit öffentlichen Auftretens belohnt. Wissenschaft verkommt in der öffentlichen Wahrnehmung nicht selten zur Rechtfertigung politischer Entscheidungen. Als Analyse der gesellschaftlichen Situation oder gar als Gesellschaftskritik wird sie kaum gebraucht. Sachliche wissenschaftliche Analysen mit Warnungen vor Gefahrenrisiken ignoriert die Obrigkeit, wenn sie nicht in ihr derzeitiges taktisches Kalkül passen. Die von Rousseau gewünschte Einheit von Tugend, Wissenschaft und Autorität, die das Glück der Völker befördern soll, ist damit gegenwärtig weiter eine wesentliche und hoffentlich keine utopische Zielvorstellung für die von uns zu befördernde Aufklärung, auch wenn wir uns dabei, wie ich oft betone, als Rufer in der Wüste der Ignoranz fühlen.

Wissenschaftliche Erkenntnisse sind Basis für neue Technologien als Herrschaftsmitteln der Menschen, mit denen sie unter konkret-historischen Bedingungen ihre natürliche und gesellschaftliche Umwelt sowie das eigene Verhalten gestalten. Wissenschaft wird von Menschen mit bestimmten Charaktereigenschaften gemacht und ihre Geschichte weist, neben den oft nur ins Auge fallenden Erfolgen, viele unbegründete Angriffe auf neue Ideen und politische Diffamierungen auf, die Zweifel an der Wissenschaft nähren. Woran kann man den Freiheitsgewinn als Ausdruck gewachsener Humanität in sozialen Systemen messen? (Hörz, H.E., Hörz, H. 2013, S. 207-214) Gesellschaftliche Entwicklung ist auf jeden Fall mit einer, für das Individuum fassbaren, Erhöhung der Lebensqualität verbunden. Das Maß für die Humanität der Strukturen in sich selbst organisierenden sozialen Systemen kann nicht allein durch eine effektivere Produktion materieller Güter, durch umfassendere Bildung und allgemein durch die Ergebnisse des wissenschaftlich-technischen Fortschritt bestimmt sein. Das menschliche Wesen muss sich in ihnen entfalten können. Freiheitsgewinn ist damit an den wesentlichen menschlichen Verhaltensweisen und Forderungen zu messen, die im Laufe der Geschichte immer besser erkannt und von unterdrückten sozialen Schichten erkämpft wurden. Dazu gehören: Wie kann eine kulturell und individuell sinnvolle Tätigkeit der Menschen gewährleistet werden? Wie ist persönlichkeitsfördernde soziale Kommunikation zu gestalten? Wie kann das materielle und kulturelle Lebensniveau für alle Glieder der Gesellschaft erhöht werden? Wie wird die Entwicklung der Individualität gesichert? Welche Hilfe erhalten

Behinderte und wie werden sie in die Gemeinschaft integriert? Mit diesen Fragen sind die Kriterien angesprochen, an denen Freiheitsgewinn in den sozialen Systemen zu messen wäre.

Antworten auf diese Fragen, die auf jeden Fall eine konkrete Analyse des sozialen Systems erfordern, charakterisieren die erreichte Stufe in der Humanität der Strukturen des Systems. Die Analyse zeigt relative Ziele als Möglichkeiten der Zukunftsgestaltung. Menschen und soziale Gruppierungen entnehmen Zielsetzungen ihres Handelns für die Veränderung der existierenden Strukturen aus ihr, um die Bedingungen für den gewollten Freiheitsgewinn zu erweitern. Dazu werden die Potenzen ausgeschöpft, die sich aus den Mängeln der bisherigen Arbeits- und Lebensweise negativ und aus Idealen des Handelns positiv ergeben.

Die Humankriterien sind durch Humangebote zu ergänzen, die für die Gestaltung der wissenschaftlich-technischen Entwicklung von Bedeutung sind. Es sind die Gebote zur menschenwürdigen Gestaltung der Natur, zur Erhaltung der menschlichen Gattung, zur Erhöhung der Lebensqualität und zur Achtung der Menschenwürde. Sie könnten sich als interkulturelle Werte in einer Weltkultur herausbilden, die der Spezifik sozio-kultureller Identitäten nicht widerspräche.

5. Welche Sicherheitskultur wird gepflegt?

Berichte in den Medien über Schäden durch Sicherheitsmängel bei Unfällen, Havarien in großtechnischen Systemen und Naturkatastrophen führen immer wieder zu internen und auch öffentlichen Diskussionen über Ursachen, Verantwortung und Schuldzuweisungen. Generell gilt, dass es keine absolute Sicherheit geben kann. Was ist also zu fordern, um Erfolge zu erreichen und Gefahren zu verhindern oder zu minimieren?

Auf der Tagung des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ 2012 zum Thema „Sicherheit-Technik-Techniksicherheit“ ging es um verschiedene Aspekte, die bei der Antwort zu berücksichtigen sind. Lucia Belyová und Gerhard Banse betonen: „Sicherheit an sich gehört nicht zum produktiven Bereich der Wertschöpfung im Unternehmen, sondern bildet eine ihrer Voraussetzungen. Sicherheit zeigt sich daran, dass im Unternehmen ‚nichts passiert‘, also keine Material- und Personenschäden entstehen. Dies ist auch der Grund dafür, dass Sicherheit nicht immer präsent wird. Ihre Wichtigkeit wird oft erst dann sichtbar, wenn ‚es bereits zu spät ist‘, d.h. wenn der Schaden schon eingetreten ist. Erst dann werden sich in der Regel alle Beteiligten ihrer Bedeutung bewusst.“ Sicherheit sei nicht nur ein Zustand, sondern eine Lei-

stung, die „kontinuierlich sowohl innerhalb (bspw. durch die Organisationsmitglieder) als auch außerhalb (bspw. durch gesetzliche Richtlinien und Regeln) eines Unternehmens erbracht werden muss. Für die Gewährleistung der Sicherheit ist die äußere Sicherheit (der Schutz vor Gefahren durch technische Sicherungsmaßnahmen) sowie die gleichzeitige Förderung der inneren Sicherheit (eines an einem sicherheitsorientiertem Handeln ausgerichteten Bewusstseinszustands oder des Besitzes von Fertigkeiten) von großer Bedeutung.“ (Belyová , Banse 2013, S. 22f.) Werde nur ein Aspekt der Sicherheit betrachtet, indem etwa die technischen Sicherheitsmöglichkeiten erhöht werden, so könne das zu mehr innerer Unsicherheit führen. Sicherheitskultur besitze eine theoretische als auch eine praktische Ebene. Der Umgang mit den vorgegebenen Vorschriften, Anweisungen oder Regeln, nicht nur im Sinne einer blinden Einhaltung, sondern auch ihrer Überzeugung und Akzeptanz, mache den Inhalt der praktischen Ebene der Sicherheitskultur aus. Es gehe um eine gelebte Sicherheit, also um eine Sicherheitskultur „deren Notwendigkeit von allen Mitgliedern einer Organisation akzeptiert wird, an deren Gestaltung alle Mitglieder mitwirken und die permanent aufrechterhalten und verbessert wird.“ (Belyová, Banse 2013, S. 26) Das Fazit lautet: „Sicherheit ist eines der Grundbedürfnisse des Menschen. Deshalb stellt die Erzielung sicherer Produkte und Prozesse eine elementare Aufgabe von uns allen und insbesondere von Unternehmen dar. Ein wesentlicher Stellhebel dafür ist die Erzeugung und Verbesserung der Sicherheitskultur.“ (Belyová , Banse 2013, S. 29)

Dafür ist es wichtig, sich genauer mit den vorhandenen Risiken philosophisch zu befassen. Als mögliche Ereignisse versprechen sie Erfolge oder signalisieren Gefahren. Philosophie ist Welterklärung, indem sie Klarheit über die Existenz von Risiken schafft. Als Heuristik fordert sie dazu auf, Risiken wissenschaftlich zu analysieren. Als weltanschauliche Orientierungshilfe hilft sie, mit Risiken umzugehen. Zu Risiken durch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik gibt es eine umfangreiche öffentliche Debatte. Sensationsmeldungen schüren Angst, während Wissenschaftsgläubigkeit suggeriert, dass alle Probleme lösbar seien. Risiken sind mögliche Ereignisse mit zwei Aspekten, als Erfolge und Gefahren. Erfolge treten auf der einen Seite nicht automatisch ein und werden meist als Chancen bezeichnet, die es zu nutzen gilt. Damit wird der Eindruck erweckt, es sei nur eine Frage des Nutzens der Chance, um zum Erfolg zu kommen. Doch zielgerichtetes Handeln schließt unvorhergesehene Folgen nicht aus. Auf der anderen Seite werden Gefahren allein als Risiken charakterisiert. Damit wird die notwendige Differenzierung der Risiken für Erfolge und Gefahren in gesetzmäßige, Verhaltens- und Be-

gleitrisiken verdeckt. Objektive und subjektive Faktoren werden kaum auseinandergehalten. Da es keine absolute Sicherheit für Erfolge gibt und Gefahren dabei zu vermeiden sind, geht es um Erfolgs- und Gefahrenrisiken.

Wer einen vollständig determinierten Ablauf des Geschehens annimmt, muss sich theoretisch und praktisch mit Risiken nicht beschäftigen. Sollte Unvorhergesehenes eintreten, dann sind das unvermeidbare Schicksalsschläge. Wer an eine spirituelle höhere moralische Instanz glaubt, kann sie als Strafe für begangene Sünden betrachten. Inzwischen wissen wir schon mehr über das „deterministische Chaos", das den Zusammenhang von Notwendigkeit und Zufall im wirklichen Geschehen theoretisch erfasst. Philosophisch sind damit zwei Aspekte verbunden. *Chaos* verweist auf zufällige Ereignisse, die nicht klassisch-deterministisch vorherbestimmt und damit nicht voraussagbar sind. Mit dem Hinweis, dass es sich um ein *deterministisches* Chaos handle, wird betont, dass dieses Chaos nicht einfach regellos ist. Für chaotische dynamische Systeme können wir, wie im dialektischen Determinismus betont, nicht die klassische Auffassung von Kausalität annehmen, nach der eine bestimmte Ursache notwendig eine bestimmte Wirkung hervorbringt. Doch das Kausalgesetz, nach dem Wirkungen verursacht sind, gilt weiter. Chaos ist so nicht einfache Unordnung, sondern die unterste Stufe der Ordnung, die in Selbst- und Fremdorganisation weiter strukturiert wird oder durch menschliches Handeln, entsprechend den Zielstellungen, strukturiert werden kann. Dafür gibt es Regeln, wie statistische Methoden oder solche aus der Chaosforschung.

Wir haben also das Risiko bezogen auf Gefahren und Erfolge zu differenzieren. „Das *Risiko* (R) ist die Differenz zwischen dem sicheren Eintreten des gewünschten Ereignisses (1) und der Wahrscheinlichkeit. (R = 1 -p). … Das *gesetzmäßige Risiko* umfasst die aus den Bedingungsanalysen, der Erkenntnis von objektiven Gesetzen und vorgegebenen Handlungszielen ausgewählte Möglichkeit aus einem Möglichkeitsfeld, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (p) realisiert werden kann. Das *Verhaltensrisiko* drückt aus, wie Menschen unter konkret-historischen Bedingungen, entsprechend ihren sozialen Erfahrungen und ihrem Charakter, mit dem objektiven Risiko umgehen. Das *Begleitrisiko* ist durch Zufälle bestimmt, die vernachlässigbar oder nicht voraussagbar sind." (Hörz, H. 2009, S. 180) Mit dem Hinweis auf die Chance zum Erfolg wird nur das Verhaltensrisiko erfasst.

6. Von statistischen Analysen zum Aktionswissen

Unternehmen brauchen Risikoanalysen. Ein Beispiel ist die SWOT-Analyse. Dabei bilden Strenghts (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Gefahren) die Basis für Strategien, die den Unternehmen helfen sollen, mit Risiken umzugehen. Dazu werden bestimmende Umweltfaktoren ausgesucht, Ergebnisse der Markt-, Umfeld- und Stärken-Schwächen-Analyse einbezogen. So sollen voraussichtliche Folgen frühzeitig erkannt und den Unternehmen die Zeit gegeben werden, Maßnahmen einzuleiten, damit das Risiko nicht zu hoch wird. Aus der Analyse werden vier Strategien entwickelt: „SO-Strategien: Durch die Stärken des Unternehmens sollen die Chancen genutzt werden z.B. durch Expansion und Neuentwicklung von Produkten. ST-Strategien: Durch die Stärken des Unternehmens sollen Risiken, die das Unternehmen bedrohen, entschärft werden. WO-Strategien: In dem die Schwächen abgebaut werden, sollen Chancen genutzt werden. WT -Strategien: Durch den Abbau von Schwächen sollen Risiken reduziert werden.“ (SWOT-Analyse 2014)

Über eine weitere Form der Risiko-Analyse, die den Unternehmen angeboten wird, heißt es: „Ziel der Chancen-Risiken-Analyse ist es, Innovationspotenziale für das Unternehmen aufzudecken. Hierbei betrachtet die Chancen-Risiken-Analyse im Gegensatz zur SWOT-Analyse (Stärken-Schwächen-Möglichkeiten-Gefahren-Analyse) lediglich Entwicklungen außerhalb des Unternehmens und deren Einfluss auf das Unternehmen. Zum Abgleich der Chancen und Risiken wird eine Matrix erstellt, in welcher die wesentlichen Möglichkeiten bzw. Gefahren zusammengefasst werden.“ Hinweise auf zukünftige Innovationspotenziale sollen so geliefert werden. „Beachtet werden muss allerdings, dass die Prognose von den Voraussagen über die zukünftigen Entwicklungen abhängig ist.“ (Chancen-Risiken-Analyse 2014)

Wie verhalten wir uns zu den Risiken? Man kann sie analysieren, statistisch erfassen und sich damit beruhigen, dass man seine Pflicht getan habe. Wer jedoch verantwortungsbewusst an die Problematik herangeht, wird versuchen, Risikoanalysen bis zur Aufstellung von Szenarien voranzutreiben und sich für die humane Gestaltung einsetzen. Um das Problem zu verdeutlichen, nutzen wir die Wortmeldung von Peter Knoll auf der homepage der Sozietät zur „induzierten Seismizität“, die er so charakterisierte: „Durch anthropogene Eingriffe, wie Bergbau, Öl- und Gasförderung, Fracing, Anlegen von Stauseen, Injektionen von Flüssigkeiten und Gasen, geothermischen Energiegewinnungsanlagen usw. in die obersten Bereiche der Erdkruste hervorgerufene Bruchprozesse, die mit Energieemission verbunden sind.“ Be-

tont wird, dass das Phänomen wissenschaftlich lange bekannt, doch wenig erforscht und aus wirtschaftlicher und zeitweise auch aus politischer Sicht bisher wegen der damit unmittelbar verbundenen wirtschaftlichen Konsequenzen immer ein „heißes Eisen“ gewesen sei. Doch, so der Autor: „In der jüngsten Vergangenheit kann dem Problem aber nicht mehr – wie noch vor wenigen Jahren -weitgehend ausgewichen werden, weil zahlreiche technische Prozesse, die mit Eingriffen in den Gleichgewichtszustand der obersten Bereiche der Erdkruste verbunden sind, immer wieder induzierte seismische Ereignisse hervorrufen, die zwar vielfach keine schädigenden Auswirkungen auf die Erdoberfläche haben, fallweise aber doch mittleren Erdbeben nahekommen, beträchtliche Schäden an der Erdoberfläche nach sich ziehen und nicht selten zur Einstellung an sich effektiver technischer Prozesse führen.“ Entsprechende Beispiele aus dem Bergbau, der Erdgasgewinnung werden genannt. (Knoll 2013, S. 1) Für den Umgang mit Risiken ist philosophisch die Frage interessant, ob wir uns passiv mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zufrieden geben, die noch keine Anleitung zum Handeln sind. Erklärungswissen ist noch kein Aktionswissen. Das wird es erst, wenn die Analysen zu Orientierungshilfen ausgebaut werden und einen Katalog für Aktionen enthalten. In dieser Richtung argumentiert auch Peter Knoll. „Es liegt in der Sache selbst, dass die Entstehung, Untersuchung und Beherrschung induzierter seismischer Ereignisse im starken Maße Bedeutung für die öffentliche Sicherheit und für die Nutzung natürlicher Ressourcen eines Gebietes hat. Dazu ist eine möglichst deterministische Vorgehensweise bei der Aufklärung der Erscheinung erforderlich. Wenn man ein induziertes seismisches Ereignis in erster Linie als einen geomechanischen Bruchvorgang in den obersten, wirtschaftlich genutzten Bereichen der Erdkruste und zusätzlich als seismisches Ereignis betrachtet, eröffnen sich alle gegenwärtig sehr fortgeschrittenen Wege der geomechanischen bzw. physikalischen Modellierung und rechnerischen Behandlung der geomechanischer Bruchvorgänge. Der Analyst nimmt dann eine mehr aktive Rolle ein, im Gegensatz zu der mehr passiven Vorgehensweise, die immer dann entsteht, wenn allein statistische und probabilistische Analysen zu Grunde gelegt werden.“ (Knoll 2013, S. 12) Die statistische Analyse ist damit eine heuristische Aufforderung, Szenarien als Aktionswissen auszuarbeiten, um begründete Entscheidungen und Handlungen zu ermöglichen.

Wissenschaft kann sich so als moralische Instanz durch die Verbindung von Wahrheitssuche und Verantwortung als Pflicht zur Beförderung der Humanität konstituieren. Spezialisierung im Interesse spezieller Wissensproduktion führt zu einer Form der Verantwortungslosigkeit, da man als

„Fachidiot“ keine Kompetenz zur Lösung sozialer Probleme hat. Es geht generell um die von mir oft gestellte aktuelle Frage, mit der gegenwärtige Wissenschaftskritik zu verbinden ist: Ist das, was wissenschaftlich möglich, technisch-technologisch realisierbar und ökonomisch machbar ist, auch gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar sowie human vertretbar? Die Antwort darauf hängt gesellschaftlich von vorherrschenden Interessen in einem Gesellschaftssystem und von Machtkonstellationen ab. Wo der Maximalprofit der multinationalen Monopole im Mittelpunkt steht, ist Humanität der Effektivität untergeordnet.

Als humanistische Akteure haben die in der Wissenschaft Tätigen mit der Wahrheitssuche die Verantwortung für die Bewertung ihrer Erkenntnisse und für ihre Nutzung durch die Gesellschaft. Dazu ist zwischen gesellschaftlicher Gesamtverantwortung und spezifischer Verantwortlichkeit zu unterscheiden. Der Verantwortungsbereich jedes Menschen, in dem er seinen Entscheidungsspielraum hat, umfasst die Gesamtheit der durch seine Entscheidungen betroffenen Personen und Sachwerte. Es gehört zum Arbeitsethos in der Wissenschaft ehrlich, akribisch, diszipliniert und organisiert selbst gestellte und übertragene Aufgaben bei der Erkenntnisgewinnung und ihrer Nutzung zu erfüllen. Doch dabei sind wissenschaftliches Ergebnis und soziale Wirkung im Zusammenhang zu sehen. Man kann, entsprechend der spezifischen Verantwortlichkeit, an Projekten arbeiten, die antihumane Auswirkungen haben können. Wer also im persönlichen sittlichen Umgang mit anderen Menschen moralisch gut handelt, dem Arbeitsethos entspricht, Verpflichtungen als Angehöriger einer soziokulturellen Identität erfüllt, kann, bezogen auf die soziale Wirkung seiner Entscheidungen und Handlungen, gegen Humangebote verstoßen, was letzten Endes verantwortungslos ist. Generell gilt: Entscheidungen können nicht an sich, mit abstrakten moralischen Kriterien, bewertet werden, da stets die Situation anderer Menschen, ihr möglicher Freiheitsgewinn oder -verlust zu beachten ist.

Wer wissenschaftlich arbeitet, kann sich vor der Gesamtverantwortung für die Durchsetzung der Humankriterien und Einhaltung der Humangebote mit dem Argument drücken, man sei nicht kompetent für entsprechende Entscheidungen. Wer sich der für die Wahrnehmung der Verantwortung erforderlichen Kompetenzerweiterung verschließt, verfällt, trotz wichtiger spezifischer Leistungen in seinem speziellen Verantwortungsbereich, einer Form der Verantwortungslosigkeit. Die ablehnende Haltung zur Wissenschaft als Moralinstanz wird philosophisch auch mit logischen Argumenten begründet. Darauf ist hier nicht weiter einzugehen. (Hörz, H. 2007b) Nur so

viel ist zu sagen: Es gibt keinen logischen Algorithmus, der Sein und Sollen verbindet. Doch Menschen überspringen die logische Lücke praktisch. Was man tun soll, um moralisch gut zu sein, erfordert Wissen, denn Freiheit heißt, mit Sachkunde entscheiden, um human zu handeln. Wissenschaftliche Theorien entstehen nicht durch logische Ableitungen aus den Erfahrungen, sondern durch die Verbindung von intuitiver Einsicht und logischer Deduktion, wobei die praktische Überprüfung von Theoriefolgen uns an ihre Wahrheit heranführt. Moralische Normen als Wertmaßstab und Verhaltensregulator bilden sich auf der Grundlage von Erfahrungen, Wissen und Interessen. Sie sind Grundlage von Rechtsnormen, die ebenfalls Sein mit Sollen verbinden. Worum geht es bei unserem Handeln? Wir treffen Entscheidungen auf der Grundlage unvollständiger Erkenntnis und versuchen mit Versuch und Irrtum den Risiken zu begegnen. Das ist mit tieferer Einsicht in die objektiven Gesetze der Natur, der Gesellschaft und der Aneignung der Wirklichkeit durch Menschen besser möglich. Insofern ist auch die Überführung statistischer Analysen in Aktionswissen wesentlicher Bestandteil wahrgenommener Verantwortung.

Der dialektische Determinismus (Hörz, H. 1980, 2013) bietet mit der stochastischen Denkweise eine philosophische Basis für Analysten, um nicht nur Beobachter, sondern aktiver Gestalter mit fundierten wissenschaftlichen Studien zu sein. Dabei spielen weltanschauliche Haltungen, politische Orientierungen und wirtschaftliche Interessen eine wichtige Rolle. Entscheidend für die humane Zukunftsgestaltung ist die Verbindung von Wahrheitssuche und Verantwortung.

7. Fazit: Sind Volksentscheide über Wissenschaft sinnvoll?

Demokratie ist Volksherrschaft oder sollte es sein. Zwar halten wir die Gegenüberstellung von Demokratie und Diktatur für problematisch. Jede Demokratie ist eine Diktatur gegenüber denen, die bei demokratischen Abstimmungen unterlegen sind. Außerdem existieren nicht nur Personendespotien und Staatsdiktaturen, sondern auch die Kapitaldiktatur mit bürokratisch-rechtlichen und monetären Reglungen, denen Individuen unterliegen. Bei den Gründen für eine qualitativ neue Demokratie heben wir deshalb als eines der wesentlichen Merkmale hervor: „Die *Partizipation aller Glieder der Gesellschaft* ist mit Volksentscheiden und Basisdemokratie, mit Kontrollinstanzen und Abwahlmöglichkeiten, mit Klagen bei nicht eingehaltenen Wahlversprechungen zu erweitern. Programmatisch gefordert und experimentell erprobt gibt es immer wieder basisdemokratische Bewegungen, die die Inter-

essen ihrer Mitglieder und Anhänger artikulieren und mit politischen Mitteln teilweise durchsetzen und durchzusetzen versuchen als politische Gegenposition zu der persönlichen Abhängigkeit der Individuen und Gruppen von den herrschenden Kreisen in despotischen Regimes und von der materiellen Abhängigkeit von Geld, Institutionen und Machtstrukturen. Basisdemokratie widerspricht der Hierarchisierung politischer Strukturen in Parteien, die meist zur Anhäufung von Macht in den leitenden Gremien führen. Basisdemokratische Bewegungen können persönliche Interessen und lokale Belange programmatisch formulieren, verlieren bisher jedoch gegen die hierarchisch auf straffer Disziplin und zentraler Leitung aufgebaute Ordnungsmacht an Einfluss. Das wäre durch Verfassungsvorgaben zu ändern. Plebiszitäre Elemente sollten dabei einen hohen Stellenwert erhalten. Keine Entscheidung, die alle betrifft, darf deshalb von der Ablehnung oder Befürwortung durch das Wahlvolk ausgenommen werden.“ (Hörz, H. E., Hörz, H. 2013 S. 325f.)

Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik betrifft mit Erfolgs- und Gefahrenrisiken in vielen Fällen durch die Globalisierung menschliche Grundinteressen generell. Darf deshalb die Partizipation in diesem Fall nicht einfach ausgesetzt werden? Die Crux der Demokratie besteht darin, dass Volksentscheide zu unerwarteten Ergebnissen führen können, die zwar zu respektieren sind, doch eventuell Humanpotenziale wissenschaftlich-technischer Entwicklung ausbremsen und Gefahrenpotenziale fördern. Es muss also Bedingungen für sinnvolle Volksentscheide zur wissenschaftlich-technischen Entwicklung geben. Dazu gehören;

1. Volksentscheide sind im Inhalt (Erkenntnisgewinn und praktische Verwertung) und Bereich (lokal, lokal-regional, national, global-regional, global), den Vorzügen und Nachteilen, Bedingungen für sinnvolle Entscheide und in ihrer Machbarkeit zu bedenken.
2. Ohne eine umfassende Aufklärung über die Erfolgs- und Gefahrenrisiken und die Bereitschaft der Teilnehmer am Entscheid, sie zur Kenntnis zu nehmen, ist es problematisch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik von einem solchen Vorhaben abhängig zu machen.
3. Die Manipulierung mit interessengeleiteten Informationen zur Beeinflussung der Entscheider ist aufzudecken. Dazu steht Wissenschaft als moralische Instanz in der Verantwortung.
4. Jeder Volksentscheid sollte einen Termin enthalten, zu dem geprüft wird, ob das ihm zu Grunde gelegte Wissen ausreichend war und ob die praktischen Folgen dem entsprechen, was vorausgesagt wurde. Ist das nicht der Fall, sind Korrekturen unbedingt erforderlich.

5. Über lokale und regionale Volksentscheide hinausgehende globale Befragungen sollten auf früheren Aktivitäten, wie dem Stockholmer Appell vom 19. März 1950, der die Ächtung der Atombombe und die Verurteilung des Ersteinsatzes von Atomwaffen zum Ziel hatte, aufbauen. Über 500 Millionen Menschen unterschrieben ihn. Er war öffentlichkeitswirksam und löste viele lokale und regionale Friedensaktivitäten aus. Es ist möglich, über sinnvolle Appelle und Entscheide auf globaler Ebene zur Wissenschaftsentwicklung nachzudenken.

Oft spielt bei der Risikobewertung durch Betroffene und Interessierte nicht das wirkliche Risiko, sondern dessen Darstellungen in der Öffentlichkeit, als Horrorszenario oder als vernachlässigbar, eine Rolle. Darin drücken sich Interessen aus, die eine wissenschaftlich begründete Analyse der Risiken fördern oder hemmen. Es reicht sicher nicht aus, auf die zukünftige humane Gesellschaft zu warten, um moralisch gut handeln zu können. Der Einsatz für eine von Ausbeutung und Unterdrückung freie Gesellschaft, für Frieden und Humanität ist immer gefragt.

Wie steht es dabei mit dem Berufsrisiko für die in der Wissenschaft Tätigen? Wer seine soziale Verantwortung wahrnimmt, kann in den Konflikt zwischen Wahrheitssuche und Interessen verwickelt werden, die ihn Stelle und Ansehen kosten können, denn es gilt: Wo das Geld regiert, man schnell die Würde oder das Leben verliert. Es bleibt die Forderung, Humanität als Grenze der Wissenschaft durchzusetzen, die Humankriterien zur Gesellschaftsanalyse zu nutzen, Humangebote einzuhalten, um die spezifische Verantwortlichkeit im Sinne der Gesamtverantwortung wahrzunehmen. Das schließt die humane Kontrolle von Experimenten mit und am Menschen ein. Die friedliche Lösung von Konflikten ist zu fordern und die weitere Entwicklung von noch gefährlicheren Waffen zu stoppen. Es gilt antiökologisches Profitstreben anzuprangern und Gesellschaftskritik an der sozialen Ungerechtigkeit mit anschaulichen, realisierbaren und von vielen Menschen geforderten Idealen einer zukünftigen humanen Gesellschaft zu verbinden, in der Wissenschaft alle ihre Potenzen zum Wohle aller Glieder soziokultureller Einheiten entfalten kann. In diesem Sinne sollten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Verantwortung wahrnehmen und mit ihrer Autorität, ihrem Wissen und Können für den Freiheitsgewinn aller Menschen eintreten.

Die Vorstellung unseres gemeinsamen Buches zu einer neomodernen Ethik schlossen Helga E. Hörz (Hörz. H.E. 2013) und ich mit dem Fazit ab: „Eine Assoziation freier Individuen mit sozialer Gerechtigkeit und ökologisch verträglichem Verhalten, die sich im gegenseitigen Interesse des Über-

lebens und der Erhöhung der Lebensqualität aller Glieder der Gemeinschaft kooperativ zueinander verhalten und nie ausbleibende Konflikte friedlich mit Kompromissen lösen, ist denkbar und real möglich, da der Freiheitsdrang der Menschen ungebrochen ist, solange die Menschheit existiert. Ob und wann sie verwirklicht wird, ist nicht vorherzusagen. Zwar kann man in dieser Hinsicht kurz- und mittelfristig nur pessimistisch sein, doch langfristig ist ein realistischer Optimismus theoretisch begründbar, wenn wir die Erhaltung der menschlichen Gattung und ihrer natürlichen Lebensbedingungen voraussetzen.“ (Hörz, H. 2013b)

Literatur

Albrecht, Hanno (2009). Nichts ist sicher. Ein Gespräch mit dem Risikoforscher Gerd Gigerenzer über die Schweinegrippe und über richtige und falsche Entscheidungen. Zeit-online vom 27.11.2009 http://www.zeit.de/2009/49/M-Gigerenzer (Zugriff am 11.02. 2014)

Banse, Gerhard, Fleischer, Lutz-Günther (Hrsg.) (2011). Wissenschaft im Kontext. Inter- und Transdisziplinarität in Theorie und Praxis, Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Band 28, Berlin: trafo Wissenschaftsverlag

Belyová, Lucia. Banse, Gerhard (2013). Sicherheit und Sicherheitskultur. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 116(2013), S. 21-31

Chancen-Risiken-Analyse (2014), http://www.innovationsmethoden.info/methoden/chancen-risiken-analyse (Zugriff am 11.02.2014)

Debatte Verantwortung (2009). Sonderband: Debatten der Leibniz-Sozietät. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. D01

Gentechnik (2014) http://www.genzukunft.de/Gentechnik/Pro-und-Contra-zur-Gentechnik/Pro-und-Contra-zur-Gentechnik.html (Zugriff am 11.02.2014)

Hörz, Helga (2013). Ist die gegenwärtige Ethik noch zeitgemäß? Herausforderungen und Grundzüge einer neomodernen Ethik. http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2013/10/EtkikLSV.pdf

Hörz, Helga E., Hörz, Herbert (2013). Ist Egoismus unmoralisch? Grundzüge einer neomodernen Ethik. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag

Hörz, Helga E., Hörz, Herbert (2014). Transhumanismus: Ist der zukünftige Mensch ein Avatar? (Sammelband zum Humanismus des Philosophischen Instituts der Russischen Akademie der Wissenschaften: im Druck)

Hörz, Herbert (1962, 2013). Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft. http://www.max-stirner-archiv-leipzig.de/dokumente/Hoerz-Herbert-Determinismus.pdf

Hörz, Herbert (1980, 2013). Zufall. Eine philosophische Untersuchung. http://www.max-stirner-archiv-leipzig.de/philosophie.html#hoerzZufall

Hörz, Herbert (1988, 2014). Wissenschaft als Prozeß. Grundlagen einer dialektischen Theorie der Wissenschaftsentwicklung. Berlin: Akademie-Verlag. http://www.max-stirner-archiv-leipzig.de/dokumente/hoerz-prozess.pdf

Hörz, Herbert (2007a). Wahrheit, Glaube und Hoffnung. Philosophie als Brücke zwischen Wissenschaft und Weltanschauung. Berlin: trafo Verlag

Hörz, Herbert (2007b). Ist Wissenschaft eine moralische Instanz? In: Sitzungsberichte Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 93 (2007), S. 25-50

Hörz, Herbert (2009). Materialistische Dialektik. Aktuelles Denkinstrument zur Zukunftsgestaltung. Berlin: trafo Verlag

Hörz, Herbert (2012). Werden wir der Verantwortung für den Einsatz moderner Technologien gerecht? In: LIFIS Online. – URL: http://www.leibniz-institut.de/archiv/hoerz_01_08_12.pdf

Hörz, Herbert (2013a). Wie ist das Utopie-Defizit in Wissenschaft und Politik zu überwinden? –Erfahrungen und Konsequenzen. In: Berichte der Internationalen Wissenschaftlichen Vereinigung für Weltwirtschaft und Weltpolitik (IWVWW), Jg. 23, Nr. 198 (Januar), S. 19-38

Hörz, Herbert (2013b). Ist die gegenwärtige Ethik noch zeitgemäß? Egoismus in der Auseinandersetzung. http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2013/10/HHVortrag.pdf

Kautzleben, Heinz (2010). Die Montanwissenschaften in der Gelehrtengesellschaft zu Berlin. Elektronische Dokumentation der Beiträge zum Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Montanwissenschaften – gestern und heute. Aktuelle Anforderungen der Montanwirtschaft“ am 29.10.2010 in Berlin. 09 Präsentation H. Kautzleben

Kautzleben, Heinz (2013). http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2013/11/HK_Präsentation-zu-Moritz-80-in-Berlin_ohne-ausgelassene-Folien.pdf

Knoll, Peter (2013). Wortmeldung zum Problem: Diskriminierung und Analyse Induzierter Seismizität. http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2013/08/Wortmeldung-IS.pdf

Lanius, Karl (2009). Tipping Points – Beispiele aus Natur und Gesellschaft. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 107(2010), S. 5-36

Rifkin, Jeremy (2011). Die dritte industrielle Revolution. Die Zukunft der Wirtschaft nach dem Atomzeitalter. Frankfurt am Main: Campus Verlag

Rousseau, Jean-Jacques (1965). Frühe Schriften. Leipzig: Reclam

SB (2010). Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Band 108 (2010)

SB (2013). Jean-Jacques Rousseau zwischen Aufklärung und Moderne. Akten der Rousseau-Konferenz der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin am 13. Dezember 2012 anlässlich seines 300. Geburtstages am 28. Juni 2012. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Band 117 (2013)

SWOT-Analyse (2014) http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Grundlagen/SWOT-Analyse.html (Zugriff am 11.02.2014)

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 43–51*

Helmut Moritz

Einige grundlegende mathematische Ideen und Zusammenhänge in der theoretischen Geodäsie

Zusammenfassung und Einführung

Einen markanten Einschnitt in der Geschichte der Geodäsie bildet der Start von Sputnik 1957. Im nächsten Jahr, 1958, erschien das fundamentale Werk von M.S. Molodensky (Molodenski 1958) in der deutschen Herausgabe von Horst Peschel (das im russischen Original bereits 1945 veröffentlicht worden war). Beide Ereignisse zusammen genommen stellten, zumindest aus der Sicht des Verfassers, den Beginn der Geodäsie im heutigen globalen Sinne dar. Real gesehen, ist das Ereignis „Sputnik“ natürlich fundamentaler, aber eine optimale Nutzung von Satelliten- und anderen Daten verlangt nach der Entwicklung neuer und diffiziler mathematischer Methoden, die, abgesehen von der Theorie von Molodensky, damals noch nicht vorlagen und die eine faszinierende Herausforderung an die Theoretiker darstellten. Die meisten damaligen Geodäten werden im Buch von Molodensky zum ersten Mal von einer Integro-Differentialgleichung gehört haben. Molodensky hat das Problem formuliert, aber es galt, praktisch optimale Lösungsformen zu finden, und das hat noch viele Theoretiker in Ost und West, darunter auch Kurt Arnold im Potsdamer Geodätischen Institut, beschäftigt. Einen mathematischen Existenzbeweis hat erst der bekannte Mathematiker Lars Hörmander (1976) geliefert, streng, aber nur für ein etwas vereinfachtes mathematisches Modell. Für die Verwendung von Satellitendaten ist die räumliche Kugelfunktionsentwicklung des Gravitationspotentials grundlegend (Erik Grafarend verwendet die Entwicklung nach Ellipsoidfunktionen, und das ist noch schwieriger). Vor allem das Konvergenzproblem wurde viel diskutiert; es wurde aber von Torben Krarup durch eine geniale Lösung durch Verwendung des von ihm so genannten Theorems von Runge praktisch ad absurdum geführt (später stellte es sich heraus, dass dieses Theorem den Mathematikern schon um 1930 bekannt war).

Eine für die Praxis fundamental wichtige Frage war folgende. Das Problem von Molodensky erfordert die Kenntnis der Schwere g in allen Punkten der Erdoberfläche; gemessen kann g nur in diskreten Punkten werden; dazwischen muss man interpolieren. Dass man dafür statistische Methoden braucht, war bereits Molodensky bekannt. An der Ohio State University arbeiteten Reino Hirvonen und William Kaula schon vor 1960 an der Statistik von Schwereanomalien, und der Verfasser schlug dort 1962 die Verwendung der von Kolmogorov und Wiener für einen anderen Zweck ausgearbeiteten Prädiktion nach kleinsten Quadraten vor, die von Richard Rapp für die Schwereinterpolation praktisch verwendet wurde. Eine fundamentale Verallgemeinerung war die vom Kreis um Torben Krarup entwickelte Methode der Kollokation nach kleinsten Quadraten, die heute, modifiziert und verallgemeinert, von grundlegender praktischer Bedeutung ist (Christian Tscherning und viele andere). Eine vom Mathematischen her äußerst schwierige, aber vielseitig verwendbare Methode sind die so genannten „hard implicit function problems“ einschließlich der „hard inverse function problems“ (diese Probleme sind wirklich „hart“), denen der Verfasser zum ersten Mal um 1969 beim KAM (Kolmogorov-Arnold-Moser)-Theorem (Vladimir I. Arnold!) begegnete und die bei Existenz- und Konvergenzproblemen für den professionellen Mathematiker (der der Verfasser nicht ist) vorzüglich zu verwenden sind (zum Beispiel im oben erwähnten Existenzbeweis von Hörmander). Vorgänger sind Henri Poincaré für die Konvergenz astronomischer Reihen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit der Konvergenz von Kugelfunktionsreihen hat, und hier bezieht sich Poincaré wieder auf den auch im nahen Geodätischen Institut tätigen Heinrich Bruns.

Um dem „genius loci“ abschließend zu huldigen, führen wir noch Albert Einstein an: zur Berechnung hochgenauer Satellitenbahnen braucht man die Relativitätstheorie.

Im Folgenden sollen diese Ideen und Zusammenhänge knapp skizziert werden, wobei ein ausführliches Literaturverzeichnis weiterhelfen kann.

1. Formulierung des Problems von Molodensky als inverses Problem

Im Raum ist der Schwerevektor g mit dem Schwerepotential W durch die bekannte Beziehung verbunden:

$$g = \text{grad}\, W = (\, Wx\, ,\, Wy\, ,\, Wz\,)\, , \tag{1}$$

wobei der Gradient *grad* ein Vektor ist, der aus den drei partiellen Ableitungen besteht. *Auf der physischen Erdoberfläche S,* auf der wir nach Molo-

densky sowohl den Schwerevektor g als auch das Potential W messen, ist die Oberfläche S zunächst unbekannt, aber es besteht eine *bekannte* Relation

$$g = f(S, W) . \tag{2}$$

Hier ist die unbekannte Erdoberfläche S nur *implizit* enthalten. Die Auflösung dieser Gleichung nach S ist also ein *implizites Funktionsproblem*. Da ja W ohnehin bekannt ist, kann man es sogar gewissermaßen als gegeben betrachten und weglassen und schreiben

$$g = F(S) \tag{3}$$

als *inverses Funktionsproblem* mit der Lösung in der Form

$$S = F^{-1}(g) \tag{4}$$

Das Prinzip ist also sehr einfach und einsichtig (z. B. Hofmann-Wellenhof und Moritz 2005, S. 294 ff.) Leider sind die auftretenden Variablen keine einfachen Zahlen, sondern selbst Funktionen, und unser unschuldig aussehendes f ist ein „nicht-linearer Operator". Man spricht dann von einem *„harten impliziten Funktionsproblem"* bzw. einem *„harten inversen Funktionsproblem"*. Und solche Probleme sind wirklich unglaublich hart!

Das Molodensky-Problem wurde erst 1976 von dem berühmten Mathematiker Lars Hörmander (Hörmander 1976) gelöst, und zwar, wie es die Mathematiker verlangen, hinsichtlich Existenz und Eindeutigkeit der Lösung (*praktisch* hinreichende Lösungen gibt es schon seit Molodensky).

2. Harte implizite und inverse Funktionsprobleme in Himmelsmechanik und Chaostheorie

Solche Probleme in der Himmelsmechanik gehen wohl auf Henri Poincaré (1854-1912) zurück (Poincaré 1890). Sein dreibändiges Werk über „Neue Methoden der Himmelsmechanik (1892, 1893, 1899) wurde 1987 nachgedruckt (Poincaré1987). Poincaré schreibt sehr zukunftsweisend, aber ein umfassendes Buch, das den heutigen mathematischen Ansprüchen entspricht, ist erst Sternberg (1969), eine umfangreiche Darstellung harter impliziter Probleme mit verschiedenen Anwendungen. Fast gleichzeitig erschien die etwas weniger abstrakte Darstellung (Arnold und Avez 1968).

Das wohl bekannteste Theorem dieser Art ist das KAM-Theorem, benannt nach A. N. Kolmogorov, V. I. Arnold und J. Moser. Es kann sowohl auf Probleme der Himmelsmechanik als auch der Chaostheorie angewendet werden. Wir haben das KAM-Theorem in (Moritz 2003) angedeutet; eine relativ

zugängliche Ableitung findet man in (Schuster 1988, S. 191). Es übersteigt den Rahmen dieses kurzen Vortrags.

3. Das Paradox der asymptotische Reihen

Die für die theoretische Geodäsie wohl wichtigste Erkenntnis von Poincaré (1987, 2. Bd., S. 1 ff.) ist der Umstand, dass die Reihenlösungen der Himmelsmechanik asymptotisch (semikonvergent) sind, also nicht konvergent im streng mathematischen Sinn sein müssen. Solche mathematisch divergente Reihen können sehr wohl „praktisch konvergent" sein. Das heißt, wenn man nur wenige Terme nimmt, kann man praktisch sehr gute Ergebnisse erhalten; erhöht man die Zahl der Terme, kann sich die Konvergenz verschlechtern, und bei unendlich vielen Termen ist die Reihe divergent. Umgekehrt können konvergente Reihen so schlecht konvergieren, dass sie praktisch unbrauchbar sind, wie z.B.

$$1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\frac{1}{5}\ \cdots$$

Diesem schlichten Beispiel steht eine divergente, aber „praktisch konvergente" Reihe gegenüber:

$$\frac{e^x}{x\left(1+\frac{1!}{x}+\frac{2!}{x^2}+\frac{3!}{x^3}+\cdots\right)}$$

Sein Buch (1987, Band 2) beginnt Poincaré also mit dem Kapitel „Divers sens du mot convergence" (Verschiedene Bedeutungen des Wortes „Konvergenz"). Er unterscheidet zwischen *mathematischer Konvergenz* und *numerischer Konvergenz*. Mathematische Konvergenz oder Divergenz können gegenseitig ganz irrelevant sein. Eine ausführliche numerische Berechnung mit überraschenden, fast absurden Resultaten ist in (Moritz 2003) zu finden.

Divergente aber numerisch hervorragend brauchbare Reihen wurden von Poincaré *asymptotische Reihen* genannt; siehe auch (Erdelyi 1956).

Was Poincaré zeigte, war, dass viele (oder vielleicht sogar die meisten) Reihen der Himmelsmechanik solche asymptotische (praktisch konvergente) Reihen von trigonometrischen Funktionen sind. Übrigens hatte schon Bruns (1884) („unser" Bruns) Vorarbeit auf diesem Gebiet geleistet.

4. Das Paradox der Kugelfunktionsreihen

Harmonische Funktionen, d.h. solche räumliche Funktionen, welche die Laplace-Gleichung $\Delta V = Vxx + Vyy + Vzz$ erfüllen, können in eine Reihe von Kugelfunktionen entwickelt werden. In der Geodäsie ist das Potential des Gravitationsfeldes im Außenraum der Erde, zusammen mit dessen analytischer Fortsetzung ins Erdinnere, eine harmonische Funktion. *Solche Reihen spielen eine grundlegende Rolle für die Berechnung von Satellitenbahnen und für die Bestimmung des Erdschwerefeldes aus Beobachtungen von Satelliten.*

Außerhalb der kleinsten Kugel *K* um den Erdschwerpunkt, welche die Erde ganz in ihrem Inneren enthält, ist die Reihe stets konvergent. Das Problem ist, ob diese Reihe *an der Erdoberfläche* konvergiert, da die analytische Fortsetzung harmonischer Funktionen ins Innere der Kugel *K* singuläre Stellen enthalten kann, welche eine Konvergenz verhindern. Die mathematische Konvergenz von Kugelfunktionsreihen an der Erdoberfläche ist also nicht gesichert.

Nun kommt die im vorigen Abschnitt erwähnte Instabilität gewisser Reihen, wozu auch die Kugelfunktionsreihen gehören, ins Spiel (Moritz 1997). Nehmen wir an, an einem Punkt *P* der Erdoberfläche innerhalb der Kugel *K* sei die Reihe konvergent. Eine Veränderung des Potentials dadurch, dass man einen *beliebig kleinen* Massenpunkt („sandgrain“) in *P* hinzufügt, macht die Reihe divergent. Das Wesentliche ist, dass der Massenpunkt sehr klein sein kann, von der Masse von 1 Gramm, oder aber auch nur von 10^{-10} Gramm, was bestimmt unmessbar ist (es könnten auch $^{10\text{-}1000}$ Gramm sein....). Aber die konvergente Reihe wird divergent, was die Instabilität zeigt.

Es geht aber umgekehrt, und das ist nicht trivial, dass man eine solche divergente Reihe durch eine beliebig kleine Veränderung des Gravitationsfeldes (kurz der Schwere) an der Erdoberfläche in eine konvergente Reihe überführen kann, eine Veränderung der Schwere etwa um 1/000 Milligal, oder um 10^{-10} Milligal, was bestimmt unmessbar ist. Das ist ein Theorem von Krarup (1969): die Frage nach der *mathematischen* Konvergenz einer Kugelfunktionsreihe ist *numerisch unlösbar*, aber auch praktisch bedeutungslos. *Man kann die Kugelfunktionsreihe, mit der man praktisch arbeitet, stets als konvergent betrachten!* Krarup bezeichnet es mit seiner charakteristischen Bescheidenheit als *Theorem von Runge.* Ich zitiere Krarup (1969, S. 54):

„*Runge's Theorem*. Given any potential regular outside the surface of the earth and any sphere in the interior of the earth. For every closed surface surrounding the earth (which surface may be arbitrarily near to the surface of the earth) there exists a sequence of potentials regular in the whole space outside

the given sphere and uniformly converging to the given potential on and outside the given surface."

Dieses Theorem müsste zumindest als Theorem von Krarup-Runge bezeichnet werden, denn Runge hatte es für analytische Funktionen einer komplexen Veränderlichen, also im Zweidimensionalen, bewiesen. Das geniale Verdienst von Krarup war, es für die Geodäsie entdeckt und ins Dreidimensionale übersetzt zu haben. (Allerdings stellte sich später heraus, dass sogar der dreidimensionale Fall der Kugelfunktionsreihen den Mathematikern bereits bekannt war; siehe Moritz (1980), S. 74, wo auf (Frank und Mises 1930) verwiesen wurde; ein detaillierter Beweis findet sich in Frank-Mises auf S. 760 ff.) Auch divergente Kugelfunktionsreihen können praktisch durch endliche harmonische Polynome („abgebrochene", engl. "truncated", Kugelfunktionsreihen) beliebig genau angenähert werden; die Mathematiker sagen: *die harmonischen Polynome liegen „dicht" im Funktionenraum der Kugelfunktionen.*

Rationale und irrationale Zahlen

Ein sehr einfaches und anschauliches Beispiel für ein solches Verhalten, den Unterschied zwischen mathematischer Strenge und numerischer Näherung, sind die rationalen und irrationalen Zahlen. Betrachten wir ein Quadrat mit der Seitenlänge 1. Die Länge der Diagonale ist $\sqrt{2} = 1.414...$, eine *irrrationale Zahl*, deren exakte Darstellung unendlich viele verschiedene Dezimalstellen erfordert. Die Seitenlänge ist exakt 1, also eine *rationale Zahl,* die nur endlich viele, in unserem Fall nur *eine* Dezimalstelle, erfordert. Stellen wir uns die Frage: ist eine praktisch gemessene Zahl, etwa die Diagonale unseres Quadrats, eine rationale oder eine irrationale Zahl? Mit welcher Genauigkeit man auch misst, man erhält immer nur eine Zahl mit endlich vielen Dezimalstellen. Man könnte natürlich noch beliebige weitere Dezimalzahlen hinzufügen, aber das wäre reine Phantasie. Auch jede numerische Rechnung, auch mit einem hochpräzisen Computer, erfolgt nur mit endlich vielen Dezimalstellen, also letztlich nur *mit rationalen Zahlen.* Kurz gesagt, man kann jede irrationale Zahl mit beliebiger Genauigkeit durch eine rationale Zahl approximieren. Wie die Mathematiker sagen: die rationalen Zahlen *liegen dicht* in der Menge der reellen Zahlen (s.o.).

Dieses fast kindlich einfache Beispiel wirft aber ein helles Licht auf das Problem von Konvergenz und Divergenz, das in den letzten beiden Abschnitten nur wie eine müßige mathematische Spekulation erschienen ist. *Wir können bei Reihen immer nur mit endlich vielen Reihengliedern rechnen.* Die

Summe der verbleibenden restlichen Reihenglieder muss vernachlässigbar klein sein, ansonsten sind die restlichen Reihenglieder beliebig. Es kommt auf die Summe an.

Bei den Kugelfunktionen haben wir den Satz von Krarup-Runge über die endliche Approximierbarkeit einer unendlichen Kugelfunktionsreihe einer harmonischen Funktion durch eine endliche Summe („harmonisches Polynom"). Das ist also ein Analogon für die beliebig genaue Approximierbarkeit einer irrationalen Zahl durch eine rationale. In der Tat: Die endlichen Polynome von Kugelfunktionen *liegen dicht* in der Menge der unendlichen Reihen von Kugelfunktionsreihen, wie wir schon ober bemerkt kaben. Konvergenz oder Divergenz von Kugelfunktionsreihen ist also in solchen Fällen für praktische Anwendungen ein Scheinproblem, ähnlich wie die Frage, ob eine gemessene oder aus Messungen berechnete Zahl rational oder irrational ist. Für Einzelheiten verweisen wir nochmals auf (Moritz 1980, 1997 und 2003).

5. Schwereinterpolation und Kollokation

Eine für die Praxis grundsätzlich wichtige Frage ist folgende. Das Problem von Molodensky erfordert die Kenntnis der Schwere g in allen Punkten der Erdoberfläche; gemessen kann g nur in diskreten Punkten werden, dazwischen muss man interpolieren. Dass man dafür statistische Methoden braucht, war bereits Molodensky bekannt. An der Ohio State University arbeiteten Reino Hirvonen und William Kaula schon vor 1960 an der Statistik von Schwereanomalien, und der Verfasser schlug dort 1962 die Verwendung der von Kolmogorov und Wiener für einen anderen Zweck ausgearbeiteten Prädiktion nach kleinsten Quadraten vor, die dann von Richard Rapp (1964) für die Schwereinterpolation praktisch umgesetzt wurde: siehe auch (Heiskanen und Moritz 1967).

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Fragen ist das Prinzip der Interpolation nach kleinsten Quadraten von großer Schlichtheit.

Die grundlegende Formel ist

$$y = Cyx\, Cxx^{-1}\, x\,, \tag{5}$$

die Prädiktionsformel von Kolmogorov-Wiener (glücklicherweise hat sie mit dem oben erwähnten KAM-Theorem nicht das geringste zu tun). Es handelt sich um eine einfache Matrizengleichung.

Auf die Interpolation der Schwereanomalien ist x der Vektor der n gemessenen Schwereanomalien, y der Vektor der m interpolierten Schwereanomalien, Cxx ist die quadratische invertierbare Kovarianzmatrix von x, und Cyx die

m x n rechteckige „Kreuzkovarianzmatrix“ (cross-covariance matrix) zwischen *y* und *x*.

Trotz ihrer überaus einfachen Form ist die Formel (5) unerhört universell praktisch anwendbar. Die Messgrößen *x* und die Rechengrößen *y* brauchen keinesfalls Größen gleicher Art zu sein. Die Prädiktionsformel (5) kann auch auf beliebige heterogene Größe des anomalen Schwerefeldes angewendet werden, z.B. kann die gesuchte Größe *y* die Geoidhöhe oder die Höhenanomalie im Sinne von Molodensky (seine Verallgemeinerung der Geoidhöhe) sein und der gemessene Vektor *x* kann aus Schwereanomalien und Lotabweichungen bestehen (*nur müssen die Kovarianzen stimmen*, s. Tscherning und Rapp 1974).

Das ist die heute allgemein bekannte Kollokation nach kleinsten Quadraten, eine andere geniale Entdeckung von Torben Krarup (1969). Sie wird in der numerischen Geodäsie allgemein angewandt. Ein Pionier ist Christian Tscherning (1974 und zahllose Publikationen bis heute). Man kann auch das Problem von Molodensky mittels Kollokation lösen, und das ist nicht die schlechteste Lösung.

So ist Kollokation ein „household word“ in der numerischen Geodäsie geworden.

6. Relativistische Effekte

Unseren bisherigen Ausführungen haben wir die klassische Mechanik zugrunde gelegt. Das reicht für die meisten terrestrischen Anwendungen aus. Nur bei der Berechnung hochgenauer Satellitenbahnen werden Korrektionen aus der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins benötigt. Da dies etwas aus dem bisherigen Rahmen herausfällt, verweisen wir den Leser für die Grundlagen auf (Moritz und Hofmann-Wellenhof 1993) und für Anwendungsformeln auf (Beutler 2005).

Literatur

Arnold V I und Avez A (1968). Ergodic Problems of Classical Mechanics, Benjamin: New York.

Beutler G (2005). Methods of Celestial Mechanics, 2 Bde., Springer: Berlin Heidelberg.

Bruns H (1884). Bemerkungen zur Theorie der allgemeinen Störungen, Astron. Nachr.,109, 216 - 222.

Erdélyi (1956). Asymptotic Expansions, Dover: New York.

Frank P und Mises R (1930). Die Differentialgleichungen der Mathematik und Physik, 2.Aufl., Bd.1 (Nachdruck Dover: New York 1961).

Grafarend E W, Krumm F W und Schwarze V S (Hrsg.) (2003). Geodesy: The Challenge of the Third Millennium, Springer: Berlin Heidelberg.

Heiskanen W A und Moritz H (1967). Physical Geodesy, Freeman: San Francisco.

Hofmann-Wellenhof B und Moritz H (2005). Physical Geodesy, 2.Aufl., Springer: Wien New York.

Hörmander L (1976). The Boundary Problems of Physical Geodesy, Arch. Rat. Mech. Anal., 62, 1-52.

Krarup T (1969). A Contribution to the Mathematical Foundation of Physical Geodesy, Publ. 44, Danish Geod. Inst., Kopenhagen.

Molodenski, M S (1958). Grundbegriffe der geodätischen Gravimetrie (Übers. aus dem Russ. hrsg. von H. Peschel), VEB Technik: Berlin.

Moritz H (1980). Advanced Physical Geodesy, Wichmann: Karlsruhe.

Moritz H (1997). The Sandgrain and the Butterfly: Instability in Geodesy and Geophysics, Annali di Geofisica, XL(5), 1359-1364.

Moritz H (2003). The Strange Behavior of Asymptotic Series in Mathematics, Celestial Mechanics and Physical Geodesy, in Grafarend et al. 2003, 371-377 (s.o.).

Moritz H und Hofmann-Wellenhof B (1993). Geometry, Relativity, Geodesy, Wichmann: Karlsruhe.

Poincaré H (1890). Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique, Acta Mathematica, 13, 1-270.

Poincaré H (1987). Les Méthodes Nouvelles de la Mécanique Céleste, 3 Bde., Albert Blanchard: Paris (Nachdruck der Originalausgabe von 1892-1899).

Rapp R (1964). The Prediction of Point and Mean Gravity Anomalies Through the Use of a Digital Computer, Report No. 43, Inst. Geod, Phot. Cart., Ohio State Univ.

Schuster H G (1988). Deterministic Chaos, 2.Aufl., VCH: Weinheim.

Siegel C L (1956). Vorlesungen über Himmelsmechanik, Springer: Berlin Göttingen Heidelberg.

Sternberg S (1969). Celestial Mechanics, 2 Bd., Benjamin: New York.

Tscherning C C (1974). A Fortran IV Program for the Determination of the Anomalous Potential Using Stepwise Least-Squares-Collocation, Report No. 212, Dept. of Geod. Sci., Ohio State Univ.

Tscherning C C and Rapp R H (1974). Closed Covariance Expressions for Gravity Anomalies, Geoid Undulations, and Deflections of the Vertical

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 53–67*

Dietrich Spänkuch

Mögliche klimatische Folgen bei weltweitem Einsatz erneuerbarer Energie

1. Einleitung

Der weltweite Energiebedarf, der 2011 17 TW (1) betrug, wird im Jahr 2100 auf 1400 EJ/Jahr entsprechend 44 TW geschätzt (2). Angesichts dieses enormen Energiewachstums, der endlichen Ressourcen fossiler Energieträger sowie der beträchtlichen Klimabeeinflussung bei deren Verbrauch ist der optimale Ausbau erneuerbarer Energien eine Notwendigkeit. Mit dem weltweiten Ausbau von erneuerbarer Energie ergeben sich sowohl für die Natur- als auch die Geisteswissenschaften neue Fragestellungen. Für die Meteorologie sind es im Wesentlichen drei Problemkreise. Zum einen erfordert die starke zeitliche Variabilität und Fluktuation von Wind und Sonnenstrahlung wesentlich detailliertere Vorhersagen dieser Parameter als bisher, um größte Effektivität zu erzielen als auch Schadensverhütung der Anlagen durch gefährliches Wetter zu vermeiden (z. B. 3). Zum anderen stellt sich die Frage, welche Auswirkungen zu erwartende Klimaänderungen, etwa eine Abnahme der Windgeschwindigkeit (4) auf den wirtschaftlichen Ertrag der Anlagen haben (5). Der massive Ausbau von erneuerbarer Energie ist andererseits aber auch nicht klimaneutral. Auf diesen Aspekt, der Gegenstand der folgenden Ausführungen ist, wiesen bereits in den siebziger Jahren mehrere Autoren hin (z. B. 6,7).

2. Das Potential erneuerbarer Energie

Der gegenwärtige globale Energiebedarf von 17 TW könnte nach (1) durch Photovoltaik-Anlagen mit 5% Reflexion und einem Wirkungsgrad von 20% auf nur 1% der sonnenreichsten Landfläche (mittlere Globalstrahlung > 195 W/m^2 ~ 1710 $kWh/(m^2a)$) gedeckt werden. Demgegenüber wird für die Erzeugung desselben Energieaufkommens aus Windenergie bei Installierung der Windanlagen auf den windreichsten Landflächen etwa das 5,5-fache der Fläche der USA benötigt (1). Beide Energiequellen stellen global beim tech-

nisch nutzbaren Potential den Löwenanteil der Quellen erneuerbarer Energie (Tab. 1) und haben auch gegenwärtig bei weitem die höchsten Zuwachsraten.

Energieart	**theoretisches**	**technisches**
	Potential	
Solar	45.000	
Photovoltaik		54
Sonnenkraftwerke		257
Wind		
Grenzschicht	1202-178	61-107
Troposph. Strahlstrom	7,5	4,5
Biomasse (nur Land)	50	6
Wasserkraft	4,7	1,6
Meeresenergie	237	10,6
Geothermie	44,8	33

Tabelle 1: Globales Potential erneuerbarer Energien in TW, nach (8) modifiziert[1]

Dies gilt auch für Deutschland, wobei das technische Potential der Windkraft an Land und auf See mit 360 TWhr (0,04 TW) das der Photovoltaik mit 248 TWhr (0,0283 TW) übersteigt (9). Die Unsicherheiten bei der Einschätzung des globalen technischen Potentials sind mit bis zu einer Größenordnung bei Sonne und Windkraft, bedingt durch unterschiedliche Annahmen des technischen Fortschritts, unterschiedlicher Einbeziehung ökologischer und geographischer Aspekte und unterschiedlicher Methodik erheblich (10). Aber bereits die Schätzung des theoretischen Potentials der Windkraft ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Das theoretische Potential der Windkraft ergibt sich aus der Umwandlungsrate C von verfügbarer potentieller Energie der Atmosphäre in kinetische Energie, denn nur dieser Betrag kann im Extremfall der Atmosphäre entnommen werden. Würde man mehr entnehmen, würde die Atmosphäre kontinuierlich potentielle Energie verlieren. In der wissenschaftlich-technischen Literatur findet dieser Umstand oft keine Berücksichtigung ((11) und dazugehörige open discussion), sodass es gelegentlich zu utopi-

1 Bei erwartetem Stand der Technik 2050 und unter gewisser Berücksichtigung ökologischer und soziogeographischer Einschränkungen mit Ausnahme der Angaben für Wind (siehe Text).

schen Angaben des technisch nutzbaren Potentials kommt (z. B. 12,13).

Eine erste globale Abschätzung von C von Oort und Peixoto (14) aus Analysedaten der Jahre 1963 bis 1973 ergab einen Wert von 2 Wm^{-2}. Nach neueren Untersuchungen (15-18) aus Vorhersage- und Reanalysedaten liegt C zwischen 2 Wm^{-2} und 3,5 Wm^{-2} entsprechend 102 und 178 TW. Die interdiurnen Schwankungen von C sind nach Steinheimer (18) beträchtlich mit Werten zwischen 2 Wm^{-2} und 4,7 Wm^{-2} im Extremfall und 0,4 Wm^{-2} im Mittel. Dagegen ist der Jahresgang nur schwach ausgeprägt mit Monatswerten zwischen 3,2 Wm^{-2} und 3,6 Wm^{-2}. Die angegebenen Werte von C, aus denen die theoretischen Potentiale der Windkraft von Tab. 1 folgen, berücksichtigen nicht den subskaligen Anteil der Umwandlungsrate, der von den meteorologischen Modellen nur durch Parametrisierung erfasst wird[2] und von Edward Lorenz (19,20) deshalb mangels entsprechender Daten der molekularen Bewegung zugeordnet wurde. Dieser subskalige Anteil beträgt nach (18) etwa 50% des skaligen Anteils. Inwiefern ein Teil dieses im Wesentlichen durch Konvektion bedingten subskaligen C technisch nutzbar ist, bedarf noch der Klärung. C ist jedoch für Windkraftanlagen wegen der natürlichen Reibung und des Windschatteneffekts der Windräder nicht voll ausschöpfbar. Nach (21,22) liegt die Grenze des nutzbaren Windpotentials bei etwa 1 Wm^{-2} entsprechend 51 TW. Unter Berücksichtigung der für die Nutzung der Windkraft einschränkenden Faktoren (Tab. 2) – (1) geographische Erreichbarkeit (Ozean,

Geografische Erreichbarkeit	< 0,2
Wegfall windschwacher Gebiete	< 0,5
Von Windrädern nicht erfasstes Volumen	< 0,3
Meteorologisch bedingte Ausfallzeiten	0,75
Technischer Wirkungsgrad	0,5
Beschränkung auf Grundschicht (200m)	0,083

Tabelle 2: Faktoren, die die Nutzung der Windkraft einschränken Zahlen nach de Castro u. a. (23)

Antarktis, Hochgebirge, aber auch Naturschutzgebiete und Städte fallen als Erntegebiete aus), (2) Wegfall windschwacher Regionen, in denen der Einsatz von Windrädern unrentabel ist, (3) Wind, der in Windparks von den Ro-

2 Prozesse unterhalb einer horizontalen Auflösung von etwa 100 km, von 0,2 bis 40 hPa vertikaler Auflösung und 6 hr zeitlicher Auflösung.

torblättern nicht erfasst wird, (4) Ausfallzeiten von Rotoren wegen zu geringer oder zu hoher Windgeschwindigkeiten, (5) Wirkungsgrad einer Windkraftanlage (nach Albert Betz hat ein verlustfreier Rotor einen Wirkungsgrad von maximal 59,3%, in der Praxis liegen die Werte gegenwärtig unter 40%) und (6) bei Beschränkung auf die untersten hunderte Meter – ergibt sich global ein technisches Potential von etwa 1 TW (23).

Besonders eklatant ist die Überschätzung des technischen Potentials der Windenergie in der wissenschaftlich-technischen Literatur für den hochtroposphärischen Strahlstrom, dem Jet (1,24).

3. Lokale und regionale Wirkung von Anlagen erneuerbarer Energie

Wir beschränken uns in den folgenden Ausführungen auf die Nutzung von solarer und von Windenergie und deren Wirkung vor Ort (Tab. 3). Die Installation einer Windanlage vergrößert zunächst die Rauheit der Landschaft. Ein Offshore-Windpark von 6 GW auf einer Fläche von 50km x 200km ändert die Rauheit der Meeresoberfläche um das 250-fache in die Rauheit einer flachen Landschaft (25). Damit ist eine Modifizierung des turbulenten Energie, Impuls-, Masse- und Feuchteaustauschs in der Atmosphäre und zwischen Atmosphäre und Unterlage verbunden mit Auswirkungen auf die Stabilität der planetaren Grenzschicht. Die Installation von Solaranlagen hat primär eine Abnahme der Albedo und in geringerem Maße auch der Rauheit zur Folge. Der Betrag der Albedoänderung hängt von der Albedo der Unterlage ab und ist umso größer, je heller die Unterlage ist. Für Wüsten mit Albedowerten um 0,35 ist die Reduktion durch Fotovoltaik-Anlagen (PV) etwa 0,1 (26). Eine Senkung der Albedo erhöht den Treibhauseffekt. Die Wirkung von PV in globalem Maßstab als Substitution fossiler Energie ist aber etwa 30mal stärker als die Albedoreduktion von PV (27). Eine Solaranlage modifiziert aber auch die Energiebilanz der Oberfläche, indem bei der Energieumwandlung Wärme entsteht, die zu einer Erhöhung des sensiblen Wärmeflusses trotz Erniedrigung der Bodentemperatur infolge Abschattung führt (26).

Energieart	**Meteorologischer Effekt**
Sonnenstrahlung	Reduktion der Albedo → Modifizierung der Energiebilanz der Oberfläche
Windkraft	Erhöhung der Rauheit der Oberfläche → Erhöhung der Turbulenz; Abnahme von Impuls

Tabelle 3: Meteorologische Effekte erneuerbarer Energie

Messungen, die eine Veränderung der meteorologischen Felder durch die Installation von Anlagen erneuerbarer Energien belegen, sind kostspielig und zeitaufwendig, weil eine Vielzahl von Parametern in Raum und Zeit mit hoher raumzeitlicher Auflösung bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen erfasst werden muss. Der Aufwand für flächendeckende direkte Messungen an Masten ist nicht praktikabel, sodass zur Begutachtung von Windparks vor allem Windkanaluntersuchungen und Modellrechnungen zum Einsatz kommen. Entsprechend spärlich ist die Anzahl experimenteller Untersuchungen.

Feldmessungen erfolgten vorrangig zur Untersuchung der Nachlaufströmung von Windrädern in naher Umgebung (bis zu einigen Rotordurchmessern Entfernung) unter Nutzung des Potenzials indirekter Messverfahren wie Dopplersodar und Dopplerlidar im Scanbetrieb (z. B. 28,29). Diese Untersuchungen zeigen eine komplexe Struktur der Nachlaufströmung (Windschatten oder Wake) mit deutlicher Reduzierung der Windgeschwindigkeit und Zunahme der Turbulenz im Lee der Turbinen (Abb.).

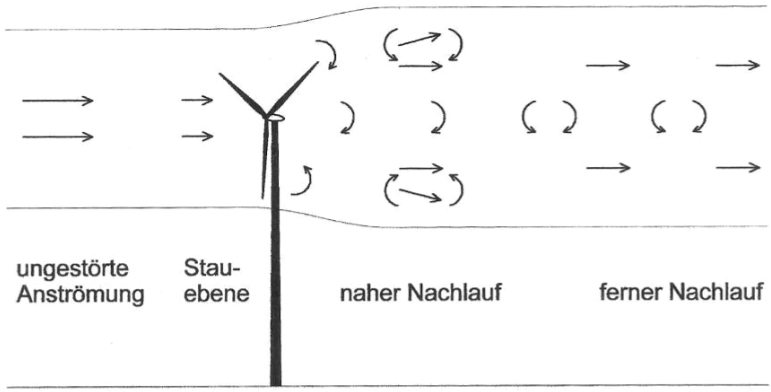


Abb.1: Schematische Darstellung des Windfeldes in der Umgebung eines Windrades. Der nahe Nachlauf wird wesentlich durch die aerodynamischen Eigenschaften der Rotoren bestimmt. Im fernen Nachlauf ist neben der atmosphärischen Turbulenz durch Rauheit der Erdoberfläche und Thermik die durch die Getriebegondel mechanisch erzeugte Turbulenz bestimmend (30,31).

Allerdings ist bei ungünstiger Anordnung von Windrädern in einem Windpark auch das Auftreten höherer Windgeschwindigkeiten innerhalb eines Windparks als Folge von Interferenz möglich (32). Bei Feldmessungen wurde durch die natürliche Variabilität des Windes i. A. ein geringeres Ge-

schwindigkeitsdefizit als im Windkanal und ein Mäandrieren der Nachlaufströmung gefunden. Das Geschwindigkeitsdefizit setzt bereits etwa eine Rotorlänge vor dem Rotor ein. Die größte Geschwindigkeitsreduzierung wird i. A. im Abstand von 1 bis 2 Rotordurchmessern im Zentrum des Windschattens gefunden und am verbreiterten Rand in etwas weiterer Entfernung von 2 bis 3 Rotordurchmessern. Sie kann in Abhängigkeit von den meteorologischen Bedingungen bis zu etwa 80% betragen (z. B. 29). Bei labiler Schichtung mit starker Turbulenz ist die Nachlaufströmung wesentlich geringer ausgeprägt. So konnte bei solchen Bedingungen selbst bei einem großen Windpark im Mittleren Westen der USA[3] kein Wake-Effekt 2 km leewärts gefunden werden (33).

Von besonderer Aussagekraft sind Satellitenmessungen, da sie nicht nur die unmittelbare Umgebung von Windkraftanlagen erfassen. Aus Messungen mit SAR[4] (Synthetic Aperture Radar) der Satelliten ERS-2 und Envisat[5] am dänischen Offshore-Windpark Horns Rev in der Nordsee mit 80 Windrädern wurde die Nachlaufströmung in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit, atmosphärischer Stabilität und der Anzahl der laufenden Rotoren untersucht (34,35). Bei instabiler Schichtung ist durch die bereits vorhandene atmosphärische Turbulenz der Wake-Effekt am geringsten. Die Nachlaufströmung reichte bis 5 km leewärts. Bei neutraler Schichtung war der Wake-Effekt über 20 km nachweisbar. Dementsprechend ist der Wirkungsgrad von Windrädern bei labiler Schichtung geringer als bei stabiler Schichtung (36,37).

Die gegenüber der Umgebung veränderten Wind- und Turbulenzverhältnisse führen auch zu Änderungen der Temperatur (38-41), der Luftfeuchtigkeit (42), Verdunstung (43) und Bodenfeuchte (44) und zu Veränderungen des Gasaustauschs zwischen Unterlage und Atmosphäre (41). Aus Satellitenmessungen im IR konnte an Onshore-Windparks für wolkenlose Tage eine wenn auch marginale, doch gesicherte Temperaturzunahme der Oberflächentemperatur sowohl innerhalb als auch im Lee eines Windparks nachgewiesen werden. Zhou et al. (40) fanden aus MODIS-Aufnahmen[6] über Windparks in Westtexas mit über 2300 Windrädern auf einer Fläche von 40 km x 100 km

3 etwa 300 1,5 MW-Windräder mit Nabenhöhe von 80 m

4 Der Radarstrahl wird an der Meeresoberfläche von den Kapillar-Schwerewellen, die augenblicklich auf den lokalen Wind reagieren, reflektiert. Das Radarecho ist eine Funktion von Windgeschwindigkeit und Windrichtung relativ zum Radarstrahl.

5 Auf Envisat wurde das Advanced SAR (ASAR) eingesetzt. Beide Geräte, SAR und ASAR, arbeiten im C-Band (4-8 cm).

6 MODIS steht für MODerate resolution Imaging Spectrometer der Fernerkundungssatelliten Terra und Aqua.

nächtliche Temperaturerhöhungen unter 1°C bei stabiler Schichtung. Walsh-Thomas et al. (39) fanden aus Thematic Mapper-Daten von Landsat 5 über der San Gorgonio Wind Farm in Südkalifornien Temperaturerhöhungen bis 12 km leewärts.

Wesentlich spärlicher als für Windkraftanlagen sind Untersuchungen zu Solarkraftwerken. Direkte Messungen liegen offenbar nur von Fthenakis und Yu an einer 1 MW-Photovoltaik-Anlage in den USA vor (45). Sie zeigen einen äußerst begrenzten lokalen Effekt mit einer erhöhten Jahresdurchschnittstemperatur um 2^0 C in 2,5 m Höhe im Zentrum des Sonnenparks mit Abklingen des Effekts auf die Umgebungstemperatur bereits in 5 bis 18 m Höhe. Der Temperatureffekt war auch nur bis 300 m Entfernung nachweisbar. Im Gegensatz dazu führt eine Erhöhung der Albedo, wie sie in Almeria (Südspanien) durch flächenhafte Ausdehnung von Treibhäusern auf 33000 ha erfolgte, zu einer Temperaturerniedrigung. Der Albedorückgang betrug etwa 0,1 gegenüber der Umgebung und der entsprechende Temperaturunterschied etwa 2° C (46).

4. Modellierung

Im Gegensatz zu den doch recht spärlichen Felduntersuchungen existiert eine Vielzahl numerischer Studien zur Nachlaufströmung von Windparks, in der Mehrzahl mit hoher räumlicher Auflösung zur Darstellung der internen Windstruktur innerhalb der Nachlaufströmung, von denen einige sogar in der Lage sind, die individuellen Rotorblätter aufzulösen (30). Für meteorologische Anwendungen sind diese hochauflösenden aerodynamischen Modelle, die auch keine Thermodynamik enthalten, viel zu rechenintensiv[7]. Die horizontale Gitterweite der meteorologischen Zirkulationsmodelle, ob regional oder global, ist zu grob, um Windräder oder auch Windparks explizit zu behandeln. Sie müssen daher parametrisiert werden. Dies geschieht entweder durch eine Erhöhung der Rauheitslänge bzw. eine explizite Änderung des Strömungswiderstandskoeffizienten oder durch eine Senke von Impuls und gleichzeitiger Quelle von turbulenter kinetischer Energie in den Gittern, die Windräder enthalten.

Mesoskale Regionalmodelle, wie sie in der numerischen Wetterprognose verwendet werden, benutzen bei der Windparkparametrisierung den Ansatz

7 Zur Berechnung der Nachlaufströmung eines Windparks bei einer einzigen meteorologischen Situation werden mit einem Computer-Cluster von 144 Prozessoren gegenwärtig mehr als 100 000 CPU-Stunden benötigt (32).

der Impulssenke und Quelle turbulenter kinetischer Energie (IS), der eine hohe vertikale Auflösung der bodennahen Luftschicht erfordert[8]. Globale Modelle haben dagegen eine geringe vertikale Auflösung und können damit den Ansatz IS nicht anwenden. Die Darstellung von Windparks als IS ist adäquater als die durch Rauheitsanpassung (RA), da diese die durch die Rotorblätter erzeugte Turbulenz nicht berücksichtigen kann (50,51). Fitch et al. (48) zeigten in einem numerischen Vergleich beider Parametrisierungen an einem Modell eines Onshore-Windparks von 10 km x 10 km mit 100 Windrädern von 126 m Länge und einer Nabenhöhe von 100 m bei 5 MW Leistung eine nahezu konträre Darstellung der Nachlaufströmung im Tagesverlauf. Während IS nachts bei stabiler Schichtung eine ausgeprägte Nachlaufströmung mit um bis zu 19-fach größerem Windnachlass zeigt als RA, ist tagsüber bei RA bei labiler Schichtung die Nachlaufströmung stärker ausgeprägt mit bis zu 5-fach größerem Geschwindigkeitsdefizit als bei IS. Auch findet man bei IS die größte Windreduktion in Nabenhöhe, bei RA dagegen in Bodennähe. Weiterhin bringt RA einen größeren Fluss sensibler Wärme als IS, was zu bis zu über 2°C höheren Temperaturen gegenüber dem Referenzfall führt, während IS tagsüber marginale Abkühlung zeigt. Der umgekehrte Effekt wird nachts bei stabiler Schichtung erhalten: leichte Erwärmung in Bodennähe bis 0,5°C bei IS und Abkühlung bis 1,5°C bei RA. Die Ergebnisse von IS stimmen qualitativ gut mit Large-Eddy- Simulationen (LES) überein (45), die vorwiegend zur Modellierung der Strömung innerhalb der Windparks angewendet wird, und ihrerseits durch Windtunnelexperimente bestätigt sind. Die Outputs der bisherigen Simulationen mit globalen Modellen sind daher fraglich.

Man kann für Onshore-Windparks nach (47-49 und 52) mit Windreduzierung und weiteren Auswirkungen in Abhängigkeit von den meteorologischen Bedingungen bis etwa 100 km leewärts rechnen. Die Wakes von Offshore-Windparks reichen nach Modellrechnungen von Ludewig (51) mit einem gekoppelten Atmosphäre-Ozeanmodell weit über 100 km mit drei deutlich unterscheidbaren Zonen: der eigentlichen Nachlaufströmung mit Windstärkereduktionen bis zu 80%, einer Brandungszone vor dem Windpark, die bis zu einer Höhe über 1 km reicht, und die Nachlaufströmung auf beiden Seiten flankierende Bereiche erhöhter Windgeschwindigkeit[9]. Mit zunehmender

8 Fitch et al. (47-49) benutzten bei ihren Simulationen im Feingitter des Windparks 8 vertikale Schichten im Rotorbereich, im gröberen Gitter der Umgebung noch 4 Gitterstützpunkte.

9 Diese Struktur ist auch bei Onshore-Anlagen zu erkennen, die Flanken erhöhter Windgeschwindigkeit sind hier aber nur schwach ausgeprägt (47,48).

Windgeschwindigkeit nimmt die Fläche der Flanken durch abnehmende Länge und Breite ab. Die erhöhte Turbulenz zeigt sich auch in merklichen Änderungen von Temperatur und Feuchte der bodennahen Luft und der Flüsse von sensibler und latenter Wärme. Die Offshore-Simulationen zeigen zudem Luftdruckänderungen an der Meeresoberfläche von ± 1 hPa im Lee. Die Wirkung der Offshore-Anlagen beschränkt sich aber nicht nur auf die Atmosphäre. Die veränderten Wind- und Luftdruckverhältnisse an der Meeresoberfläche führen zu veränderten Strömungsverhältnissen im Ozean in einem Gebiet, das weit – über das Zwanzigfache – der Dimension des Windparks hinausgeht[10] (53). Charakteristisch ist eine Dipolstruktur der ozeanischen Strömung mit upwelling backbord und downwelling steuerbord (53-55), die bis zum Meeresgrund in 60 m Tiefe reicht (53).

Das Lokal- und Regionalklima wird durch Windparks nach den bisherigen Ausführungen mit Sicherheit modifiziert. Die Auswirkungen sind nach Simulationen mit einem atmosphärischen Regionalmodell, also ohne Ozean, für Europa nach Vautard et al. (56) für die zu erwartenden Windparks bis 2020 aber marginal (± 0,3°C Temperaturänderung und bis zu 5% Niederschlagsänderung) und damit wesentlich geringer als die durch die Treibhausgase zu erwartenden Änderungen. Weitere Untersuchungen mit einem gekoppelten Atmosphäre-Ozeanmodell sind aber erforderlich, um belastbare Aussagen zu erhalten.

Die bisherigen Untersuchungen mit globalen Modellen (57-59), die Temperaturerhöhungen von 1°C über Onshore-Anlagen (58) und geringeren Einfluss von Offshore-Anlagen (59) sowie signifikante Änderungen von Temperatur, Niederschlag und Bewölkung auch in entfernten Gebieten erbrachten, sind nach den Untersuchungen von Fitch et al. (47-49) und Ludewig (53) jedoch revisionsbedürftig.

Im Gegensatz zur Parametrisierung von Windparks ist die Parametrisierung von Solarkraftwerken durch Änderung der Oberflächenalbedo und der Rauheitslänge einfacher. Photovoltaik-Anlagen (PV), installiert in der Sahara und den arabischen Wüsten auf 10^6 km^2 mit 10% Wirkungsgrad bei 2% Albedoänderung, führen nach Wang (60) mit einem globalen Ozean-Atmosphäre-Modell zu Erhöhungen der Oberflächentemperatur bis zu 1°C in den installierten Gebieten und unterschiedlichen Temperaturänderungen weltweit, sowohl positiv als auch negativ, u.a. zu etwa 0,5°C Erhöhung in der

10 Bei Verwirklichung der Pläne der Nordseeanrainer ist mit einer signifikanten Änderung der Strömungsverhältnisse der Nordsee zu rechnen.

Antarktis. Simulationen mit einem regionalen Wettervorhersagemodell (25 km horizontale Auflösung) und einer hypothetischen PV-Anlage in Kalifornien von 1 TW Spitzenkapazität auf einer Fläche von 18750 km^2 in der Mojavewüste ergab im Sommer über der Anlage eine Temperaturerhöhung von 0,4°C und Modifizierung der lokalen und regionalen Windverhältnisse bis 300 km leewärts[11] (61).

5. Nutzung des Jetstream

Sowohl Wind als auch Sonnenstrahlung nehmen mit der Höhe zu. Es ist daher naheliegend, nach deren technischen Nutzungslösungen zu suchen (z. B. 62-64). Der hochtroposphärische Strahlstrom mit Windgeschwindigkeiten bis zu 500 km erscheint besonders attraktiv. Sein theoretisches Potential ist allerdings beschränkt und liegt nach Miller u. a. (1, 24) bei nur etwa 7,5 TW mit erheblichen klimatischen Folgen mit über 20°C Temperaturanstieg in der polaren Stratosphäre, bedingt durch kräftige Zunahme des Wärmetransports durch den Jetstream hindurch, und einer stabileren Schichtung der Atmosphäre mit geringerer Wellenaktivität. Der Jetstream ist ein Ergebnis der Balance zwischen Druckgradient und Corioliskraft. Um den Jetstream aufrecht zu erhalten, reicht daher eine relativ geringe Generierung an kinetischer Energie aus. Diese Erzeugungsrate ist nach den Ausführungen von Kap. 2 die obere Schranke für die Nutzung des Jetstream als Quelle erneuerbarer Energie. Bei Berücksichtigung einschränkender Faktoren, wie entsprechend gemäß Tab. 2 für die Grundschicht ausgeführt, ist in etwa mit 2 TW möglichem Nutzungspotential zu rechnen.

6. Zusammenfassung

Der Ausbau erneuerbarer Energie erfolgt weltweit. Über deren Potential bestehen jedoch große Unstimmigkeiten bis zu einer Größenordnung. Insbesondere wird das Potential der Windkraft beträchtlich überschätzt. Begrenzt durch die Generierungsrate an kinetischer Energie beträgt das Potential der Windkraft in den untersten hunderten Meter der Atmosphäre etwa 1 TW und für den Jetstream etwa 2 TW.

Felduntersuchungen zur Erfassung der raumzeitlichen Struktur der meteorologischen Felder im Nah- und Fernbereich von Anlagen erneuerbarer

11 Im Winter sind die Unterschiede der Albedo von PV-Anlage und Umgebung geringer und damit auch die zu erwartenden Effekte.

Energie sind äußerst kostenaufwendig und de facto nicht vorhanden. Es existieren nur vereinzelt Auswertungen von Satellitendaten von einigen wenigen meteorologischen Parametern.

Den Ergebnissen numerischer Simulationen kommt daher eine große Bedeutung zu. In den Klimamodellen können Windräder und auch Windparks nicht explizit behandelt werden. In den Regionalmodellen mit höherer räumlicher Auflösung werden Windkraftanlagen als Impulssenke und Quelle turbulenter kinetischer Energie parametrisiert, in den globalen Klimamodellen mit geringerer Auflösung als Änderung der Oberflächenrauheit. Beide Parametrisierungen führen bei einem Vergleich in einem Regionalmodell zu wesentlich unterschiedlichen Ergebnissen, wobei die Parametrisierung als Impulsquelle und Senke kinetischer Energie von Windtunnelexperimenten gestützt wird. Die bisherigen Aussagen globaler Klimamodelle, soweit sie die Nutzung der Windenergie betreffen, sind daher revisionsbedürftig.

Großflächige Photovoltaik-Anlagen, wie sie in der Sahara und den arabischen Wüsten denkbar sind, erhöhen nicht nur die Temperatur in den direkt betroffenen Gebieten sondern haben auch anderwärts klimatische Auswirkungen.

Im Windschatten von Windrädern und Windparks ist die Windgeschwindigkeit vermindert und die Turbulenz erhöht. Die Stärke dieser Effekte hängt stark von der atmosphärischen Schichtung ab. Sie ist am stärksten bei stabiler Schichtung mit einer Länge bis zu 60 km bei Onshore-Anlagen und von etwa 130 km bei Offshore-Anlagen. Offshore-Anlagen modifizieren nicht nur das atmosphärische Windfeld und die damit verbundenen Änderungen weiterer meteorologischer Parameter sondern auch die Strömungsverhältnisse im Ozean.

Literatur

(1) Miller, L. (2012). Limits and consequences of the large-scale deployment of renewable energy technologies, Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Technical Report 27

(2) Reilly, J. und S. Paltsev (2007). Biomass Energy and Competition on Land, Report No. 145, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change (Cambridge, MA) http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC Rpt145.

(3) Lange, M. und U. Focken (2006). Physical Approach to Short-Term Wind Power Prediction (Berlin: Springer)

(4) McVicar, T. L. et al. (2012). Global review and synthesis of trends in observed terrestrial near-surface wind speeds: Implications for evaporation. J. Hydrol. 416-417, 182-205 doi:10.1016/j.jhydrol.2011.10.024

(5) Pryor, S.C. und R.J. Barthelmie (2010). Climate change impacts on wind energy: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 430-437,
(6) Schneider, S. H. und R. D. Dennett (1975). Climate barriers to long-term energy growth. Ambio 4 2, 65-74
(7) Gustavson, M. R. (1979). Limits to wind power utilization. Science 204, 13-17
(8) Krewitt, W. u. a. (2009). Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply. Climate Change 18/2009, ISSN 1862-4359, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 336 S.
(9) Klaus, T. et al. (2010). Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, S.58
(10) Edenhofer, O. et al. (2011). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, S. 183, IPCC, Cambridge Univ. Press
(11) Gans, F., L. M. Miller und A. Kleidon (2012). The problem of the second wind turbine – a note on a common but flawed wind power estimation method. Earth Syst. Dynam. 3, 79-86 www.earth-syst-dynam.net/3/79/2012/doi:10.5194/esd-3-79-2012
(12) Jacobson, M. Z. und C. L. Archer (2012). Saturation wind power potential and its implications for wind energy. Proc. Nat. Acad. Sci. 109(39), 15679-15684, doi:10.1073/pnas.1208993109
(13) Marvel, K., B. Kravitz und K. Caldeira (2013). Geophysical limits to global wind power. Nature Climate Change 3, 118-121, doi: 10.1038/nclimate1683
(14) Oort, A. H. und J. P. Peixoto (1983). Global angular momentum and energy balance requirements from observations. Adv. Geophys. 25, 355-490
(15) Li, L. et al. (2007). Lorenz energy cycle of the global atmosphere based on reanalysis datasets'. Geophys. Res. Lett. 34, S. L16813 doi:10/1029/2007GL029985
(16) Boer, G. J. und S. Lambert (2008). The energy cycle in atmospheric models. Climate Dyn. 30, 371-390
(17) Haimberger, L. und M. Hantel (2000). Implementing convection into Lorenz's cycle, Part II. A new estimate of the conversion rate into kinetic energy. Tellus 52A, 75-92
(18) Steinheimer, M. (2008). Der konvektive Anteil am globalen Energiekreislauf, Dissertation Universität Wien
(19) Lorenz, E. N. (1955). Available potential energy and the maintenance of the general circulation, Tellus 7, 157-167
(20) Lorenz, E. N. (1967). The Nature and Theory of the General Circulation of the Atmosphere. WMO-No 218 TP 115, World Meteorological Organization
(21) Best, R. W. B. (1979). Limits to wind power. Energy Conversion 19, 71-72
(22) Adams, A. S. und D. W. Keith (2013). Are global wind power resource overestimated? Environ. Res. Lett. 8, 015021, doi:10.1088/1748-9326/8/1/015021
(23) de Castro C., M. Mediavilla, L. J. Miguel und F. Frechoso (2011). Global wind power potential: Physical and technological limits. Energy Policy 39, 6677-6682

(24)Miller, L. M., F. Gans und A. Kleidon (2011). Jet stream wind power as a renewable energy resource: little power, big impacts. Earth Syst. Dynam. 2, 201-212, doi:10.5194/esd-2-201-2011
(25) Corten, G. P. und A. J. Brand (2004). Resource decrease by large scale wind farming. ECN-RX--04-124
(26) Koepke, P. und W. Thomas (1993). Energy balance of solar power plants: Results of a one-dimensional model. Beitr. Phys. Atmos. 66, 31-43
(27) Nemet, G. F. (2009). Net radiative forcing from widespread deployment of photovoltaics. Environ. Sci. Technol. 43, 2173–2178. doi: 10.1021/es801747c
(28) Barthelmie, R. J. et al. (2003). Offshore wind turbine wakes measured by sodar. J. Atmos. Oceanic Technol. 20, 466-477
(29) Smalikho, I. N. et al. (2013). Lidar investigation of atmosphere effect on a wind turbine wake, J. Atmos. Oceanic Technol. 30, 2554-2570
(30) Sanderse, B., S. P. van der Pijl und B. Koren (2011). Review of computational fluid dynamics for wind turbine wakes aerodynamics. Wind Energ. 14, 799-819, doi: 10.1002/we.458
(31) Linde, M. (2011). Modellierung des Einflusses von Windkraftanlagen auf das umgebende Windfeld. Diplomarbeit Meteorologisches Institut Universität Hamburg
(32) Archer, C. L., S. Mirzaeifesat und S. Lee (2013). Quantifying the sensitivity of wind farm performance to array layout options using large-eddy simulation, Geophys. Res. Lett. 40, 4963-4970, doi:10.1002/grl.50911
(33) Smith, C. M., R. J. Barthelmie und S. C. Pryor (2013). In situ observations of the influence of a large onshore wind farm on near-surface temperature, turbulence intensity and wind speed profiles. Environ. Res. Lett. 8, Online at stacks.iop.org/ERL/8/034006/mmedia doi:10.1088/1748-9326/8/3/034006
(34) Christiansen, M. B. und C. B. Hasager (2005). Wake effects of large offshore wind farms identified from satellite SAR, Remote Sensing of Environment 98, 251-268
(35) Christiansen, M. B. (2006). Wind energy applications of synthetic aperture radar. Risø-PhD-27(EN), Nov 2006
(36) Hansen, K. S. et al. (2012). The impact of turbulence intensity and atmospheric stability on power deficits due to wind turbine wakes at Horns Rev wind farm. Wind Energy, 15, 183–196, doi:10.1002/we.512.
(37) Schepers, J. G., T. S. Obdam, und J. Prospathopoulos,(2012). Analysis of wake measurements from the ECN Wind Turbine Test Site Wieringermeer, EWTW. Wind Energy, 15, 575–591, doi:10.1002/we.488.
(38) Baidya Roy S. und J. J. Traiteur, (2010). Impacts of wind farms on surface air temperatures. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 107, 17 899–17 904, doi:10.1073/pnas.1000493107.

(39) Walsh-Thomas, J. M. et al. (2012). Further evidence of impacts of large-scale wind farms on land surface temperature. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 6432-6437
(40) Zhou, L. Y. et al. (2012). Impacts of wind farms on land surface temperature. Nat. Climate Change, 2, 539-543, doi: 10.1038/nclimate1505.
(41) Rajewski, D. A et al. (2013). CWEX: Crop/Wind-energy EXperiment: Observations of surface-layer, boundary-layer and mesoscale interactions with a wind farm. Bull. Amer. Meteor. Soc. 94, 655-672, doi:10.1175/BAMS-D-11-00240.1
(42) Baidya Roy S. (2011). Simulating impacts of wind farms on local hydrometeorology. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 99, 491-498 doi:10.1016/j.jweia.2010.12013
(43) Henschen, M., et al. (2011). „Do wind turbines affect weather conditions? A case study in Indiana“ Journal of Purdue Undergraduate Research, 1, 22-29
(44) Fischer K et al. 2011, The effects of wind farms on soil moisture.pdf von chron.com
(45) Fthenakis, V. und Y. Yu (2013). Analysis of the potential for a heat island effect in large solar farms. 39th IEEE Photovoltaic Specialists Conference http://www.clca.columbia.edu/13_39th%20IEEE%20PVS (Zugriff am 24.3.2014)
(46) Campra, P. et al. (2008). Surface temperature cooling trends and negative radiative forcing due to land use change toward greenhouse farming in southeastern Spain. J. Geophys. Res., 113, D18109, doi: 10.1029/2008JD009912, 2008
(47) Fitch, A. C. et al. (2012). Local and mesoscale impacts of wind farms as parameterized in a mesoscale NWP model. Mon. Wea. Rev. 140, 3017-3038. doi: 10.1175/MWR-D-11-00352.1
(48) Fitch, A. C., J. B. Olson und J. K. Lundquist (2013). Parameterization of wind farms in climate models. J. Climate 26, 6439-6458, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00376.1
(49) Fitch, A. C., J. K. Lundquist und J. B. Olson (2013). Mesoscale influences of wind farms throughout a diurnal cycle. Mon. Wea. Rev. 141, 2173-2198, doi: 10.1175/MWR-D-12-00185.1
(50) Keith, D. W. et al. (2004). The influence of large-scale wind power on global climate. Proc. Nat. Acad. Sci. 101, 46, 16115-16120
(51) Bergman, J. C. (2011). Interactive comment on “Jet stream wind power as a renewable energy resource: little power, big impacts” by L M Miller et al., Earth Syst. Dynam. Discuss. 2, C244-C250
(52) Baidya Roy S. (2011). Simulating impacts of wind farms on local hydrometeorology. J Wind Eng. Ind. Aerodyn. 99, 491-498
(53) Ludewig, E. (2013). Influence of offshore wind farms on atmosphere and ocean dynamics. Dissertation Universität Hamburg
(54) Broström, G. (2008). On the influence of large wind farms on the upper ocean circulation. J. Marine Syst. 74, 585-591

(55) Paskyabi, M. B. und I. Fer (2012). Upper ocean response to large wind farm effect in the presence of surface gravity waves. Energia Procedia 24, 245-254, doi:10.1016/j.egypro.2012.06.106.
(56) Vautard R. et al. (2014). Regional climate model simulations indicate limited climatic impacts by operational and planned European wind farms. Nature Communications 5:3196. doi:10.1038/ncomms4196
(57) Keith, D. et al., (2004). The influence of large-scalewind power on global climate. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101, 16 115–16 120, doi: 10.1073/pnas.0406930101.
(58) Wang, C. und R. G. Prinn, (2010). Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. Atmos. Chem. Phys.10, 2053–2061, doi: 10.5194/acp-10-2053-2010.
(59) Wang, C. und R. G. Prinn (2011). Potential climatic impacts and reliability of large-scale offshore wind farms. Environ. Res. Lett., 6, 025101, doi:10.1088/1748-9326/6/2/025101.
(60) Wang, C. (2011). Potential climate impact of large-scale deployment of renewable energy technologies.
http://www.E234372_4_EPRI_0710_Wind_Wang.pdf (Zugriff am 20.9.2013)
(61) Millstein, D. und S. Menon (2011). Regional climate consequences of large-scale cool roof and photovoltaic array deployment. IOP PUBLISHING, Environ. Res. Lett. 6 (2011) 034001 (9pp) doi:10.1088/1748-9326/6/3/034001
(62) Aglietti, G. S. et al. (2009). Harnessing high-altitude solar power. IEEE Trans. Energy Convers. 24, 442-450, doi:10.1109/TEC.2009.2016026
(63) Perković, L. et al. (2013) Harvesting high altitude wind energy for power production: The concept based on Magnus' effect. Appl. Energy 101, 151-160.
http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.06.061
(64) Ahmed, M., A. Hably und S. Bacha (2012). High-altitude wind power systems: A survey on flexible power kites. XXthIntern. Conf. on Electrical Machines (ICEM'2012), Marseille (France), 2085-2091,
doi:10.1109/ICEIMach.2012.6350170

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 69–70*

Oliver Schwarz

Dunkle Materie in der galaktischen Sonnenumgebung? Wie man die Materiedichte in der Milchstraßenscheibe bestimmt

Wie seit langer Zeit bekannt ist, rotieren Spiralgalaxien nicht so um ihr Zentrum, wie man es in der klassischen Physik erwarten würde. Auch andere Beobachtungen und kosmologische Überlegungen legen nahe, dass es im Universum Materie gibt, deren Gravitationswirkung zwar erkennbar ist, deren weitere physikalische Eigenschaften aber gänzlich unbekannt sind. Sollte diese Materie ausschließlich gravitativer Wechselwirkung unterliegen, dann bliebe sie auch den aktuellen Beschleunigerversuchen im CERN verborgen.

Sofern es auch in den Hauptscheibenebenen der Spiralgalaxien größere Mengen an unsichtbarer Materie geben sollte, müsste sich diese Materie womöglich in unserer Galaxis besonders leicht aufspüren lassen.

Der einfachste Weg zur Bestimmung von Massenansammlungen ist bekanntlich die Messung der Gravitationsbeschleunigung auf Probekörper. Als solche würden sich einzelne Sterne anbieten, doch obwohl man die Raumbewegung der Sterne heute mit großer Genauigkeit ermittelt, erfolgen die *Geschwindigkeitsänderungen* der Sterne derart langsam, dass sie selbst in sehr großen Beobachtungszeiträumen nicht festgestellt werden. Allerdings kann man dieses Dilemma mit Hilfe spezieller Verfahren umgehen und dennoch zu einer Messung der Materiedichte in der Sonnenumgebung gelangen.

Der Vortrag stellt sich das Ziel, die angeschnittene Problematik so aufzubereiten, dass der Hörer den physikalisch-astronomischen Kern der Gedankenführung verstehen kann und einen Einblick in Verfahren zur galaktischen Dichtemessung erlangt. Außerdem werden die aktuellen Resultate der beschriebenen Untersuchungsmethode vorgestellt. Bessere Bestimmungsgrundlagen sind zu erwarten, wenn die Messresultate des jüngst gestarteten Astrometriesatelliten GAIA vorliegen.

Literatur

P. Brosche, O. Schwarz (2007), The Galactic Surface Density Derives from K Giants, Astronomische Nachrichten 328 (2007), S. 178-185.

P. Brosche, H. Schwan, O. Schwarz (2001), The galactic motion field of K0-5 giants from Hipparcos data, Astronomische Nachrichten, 322/1 (2001), S. 15-42.

Vollständige Präsentation:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/15-Schwarz.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 71–79*

Jürgen Christian Kopp und Olaf Alisch

Verfügbarkeit von Rohstoffen in Deutschland – Argumente für eine stärkere Nutzung eigener Rohstoffressourcen

Die Bunderepublik Deutschland ist ein bedeutender Industriestandort – einer der höchstentwickelten in der Welt. Das sichert ein exzellenter Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau, eine hochentwickelte Elektroindustrie sowie die chemische und pharmazeutische Industrie. Allerdings steht am Anfang der Wertschöpfungskette die Rohstoffgewinnung. Die alte Weisheit „Alles kommt vom Bergwerk her“ hat auch heute nichts von ihrer Aktualität eingebüßt, denn ohne Rohstoffe gibt es keine Industrieproduktion und ohne die keine Dienstleistungen.

Abb.1: Zinn- und Coltan-Gewinnung im Grenzgebiet Ruanda-Zaire (Fotos V. Spieth, 2012).

In der (alten) Bundesrepublik vor 1990 befand und befindet sich der Bergbau als Teil der Rohstoffwirtschaft seit Jahrzehnten in einem gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Dilemma. In Politik und Wirtschaft dominierte bis vor wenigen Jahren die Einstellung, dass auch weiterhin wichtige Rohstoffe aus Afrika, Lateinamerika und Südostasien zu Niedrigstpreisen erhältlich sein werden. Erze und sonstige mineralische Rohstoffe konnten ja bisher aus den sog. Schwellenländern nach rein profitorientierten Kriterien zu Niedrigstpreisen übernommen werden, mit der Konsequenz, dass die Entwicklung einer selbsttragenden sozialökonomischen Struktur in diesen Ländern – zumindest auch hierdurch – behindert wurde. Entgegen seit langem vorhandenen humanistischen Auffassungen nahm man Arbeitsbedingungen in diesen Ländern in Kauf, die über totale Ausbeutung von Mensch und Natur bis zur Kinderarbeit reichen. Nach der Vereinigung beider deutscher Staaten 1990 wurde diese Politik auch auf den Osten Deutschland übertragen.

Aus kurzsichtigen und kurzzeitigen, allein profitorientierten Interessen wurde hingenommen, dass trotz relativ günstiger Vorratslage, Bodenschätze in Deutschland nicht mehr in Nutzung genommen wurden und folgerichtig auch notwendige Explorationstätigkeiten in Deutschland eingestellt wurden. Das erhebliche Geopotential Deutschlands wurde vielfach einfach nicht genutzt und seine Weiterentwicklung zu Ressourcen und Reserven unterlassen (Abb.2).

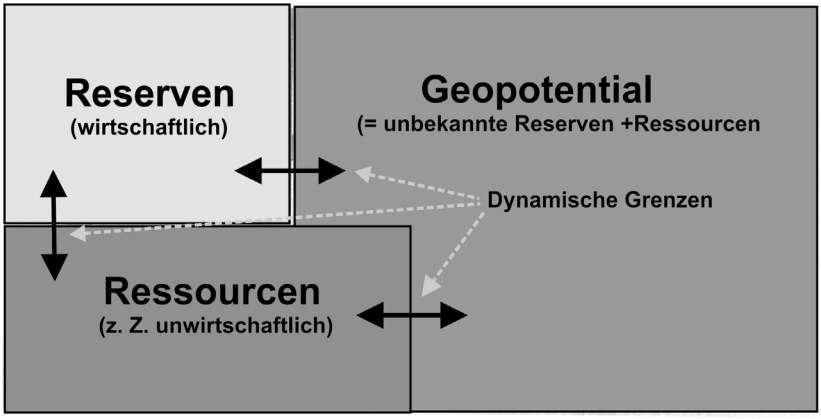


Abb.2: Gesamtressourcenschema nach Wellmer (2012).

Die Vernachlässigung der Suche nach wirtschaftlich verwertbaren einheimischen Erz- und Minerallagerstätten hatte auch weitere Auswirkungen. So setzte sich im medialen Mainstream die Meinung durch, dass „Deutschland ein rohstoffarmes Land“ sei, obwohl die tatsächlichen Gegebenheiten ganz anders aussehen (Abb. 3).

Auch die Lagerstättengeologie, die Grundlage für jegliche Rohstoffexploration ist, wurde kaum noch vorgehalten und in Lehre und Forschung, insbesondere für das deutsche Territorium, stark zurückgefahren. Da passte es auch gut rein, dass die alte preußische Bergakademie Clausthal-Zellerfeld sogar ihren Status als „Bergakademie“ ablegte, um auch den Anschein eines modernen Hochschul-Layouts zu belegen. Zurzeit werden ursächlich mit dem Bergbau in Zusammenhang stehende Wissenschaftszweige nur noch an wenigen Standorten in Deutschland, wie an der TU Bergakademie Freiberg in Sachsen und der RWTH Aachen umfassend gepflegt.

In diesem Zusammenhang wurden auch bedeutende Wissenschaftszweige vernachlässigt. Dies betrifft insbesondere technischen Wissenschaften, wie Bergbau, Bergmaschinenwesen und Aufbereitung sowie Hüttenwesen und die Gießereitechnik, die nicht mehr im notwendigen Umfang gepflegt wurden.

Zweifellos schreitet die industrielle Globalisierung weiter voran. Güterherstellung und -verteilung werden sich jedoch aus Gründen der Gerechtigkeit nicht so organisieren lassen, dass Westeuropa sich aus den umweltbeeinflussenden Industrien ganz raushalten kann. Gleiches trifft auf ein Land, wie Deutschland zu, wo für mehr als 80 Millionen Einwohner eine leistungsfähige Industrie benötigt wird, um den Wohlstand der deutschen Gesellschaft zu sichern. Die komplexe deutsche Wirtschaft benötigt dazu eine breite Wertschöpfungskette, die sowohl Rohstoffgewinnung als auch einen breiten Fächer an industrieller Produktion umfasst.

Von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) wurde 2008 berechnet, dass jeder Deutsche im Verlauf seines Lebens zwischen 1.000 und 1.100 t Rohstoffe benutzt oder verbraucht. Zwei Drittel davon sollen auf Metalle, Industrieminerale sowie Steine und Erden entfallen. Von der breiten Öffentlichkeit wird allerdings dem Problem der Rohstoffbereitstellung wenig Beachtung geschenkt. Ein Grund dafür ist, dass in Deutschland, wie in ganz Westeuropa meistens nur eine Weiterverarbeitung bzw. Veredlung von Rohstoffen stattfindet. Ihre Gewinnung findet jedoch teilweise unter zweifelhaften Umweltbedingungen statt, wobei stellvertretend Länder Afrikas, Asiens und Südamerikas zu nennen sind.

Dabei ist Deutschland entgegen der medialen Meinungsmache, wie bereits erwähnt, kein rohstoffarmes Land. Es verfügt, wie aus nachstehender Abbildung 3 ersichtlich ist über bedeutende Rohstoffe, die im Falle ihrer Nutzung die Importabhängigkeit deutlich reduzieren könnten.

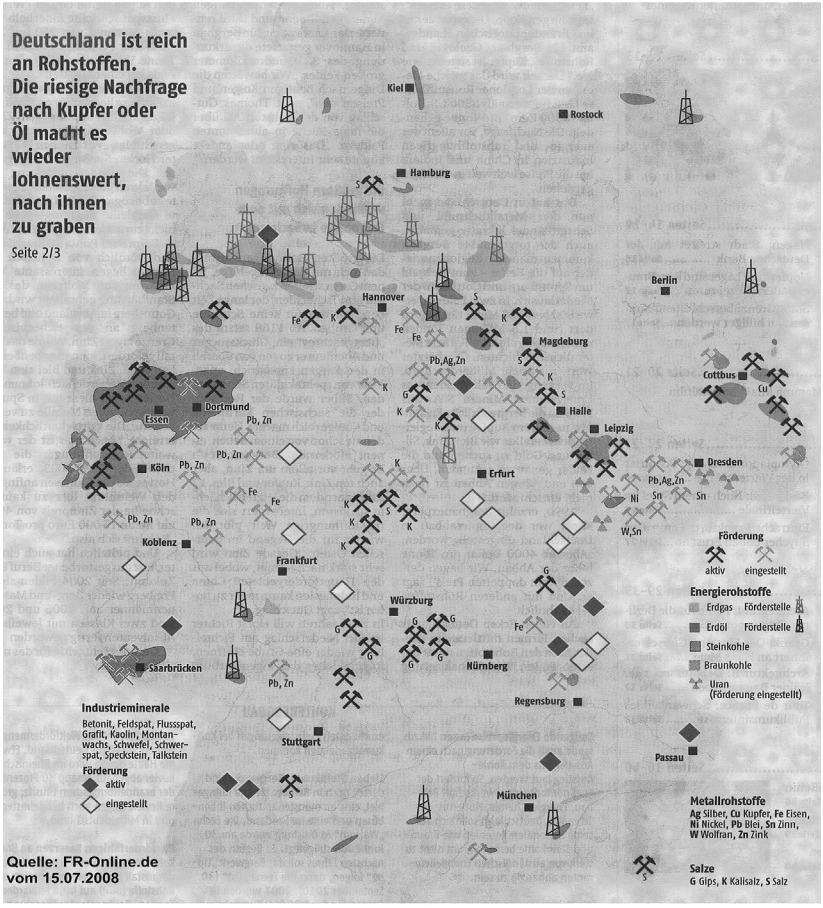


Abb.3: Karte einiger wichtiger Bodenschätze in Deutschland. Quelle: FR-online.de v. 15.7.2008

Der bekannte deutsche Lagerstättenforscher Friedrich Wellmer, ehemaliger Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Honorarprofessor an der TU Berlin, führte dazu 2012 in einem denkwürdigen Auf-

satz in der Zeitschrift Geowissenschaftliche Mitteilungen (GMIT) aus: „Lange Zeit war das Thema *Rohstoffe* in Deutschland fast ein Unwort“. Man kaufte sie irgendwo auf der Welt, da sie politisch und wirtschaftspolitisch keine Rolle spielten; man hatte sie einfach! Wer sich damit beschäftigte war von gestern, denn dem damit verbundenen „*Bergbau* hing das Image der drei *D*'s an: *D*ark – *D*irty – *D*angerous**“.**

Die dargelegten Verhältnisse änderten sich nach der Jahrtausendwende drastisch (Abb. 4). Die Preise für viele Rohstoffe schnellten nach 2003 dramatisch in die Höhe und es bewahrheitete sich die alte Weisheit: „Der Überfluss von heute ist der Mangel von morgen“ (Wellmer, 2012)!!

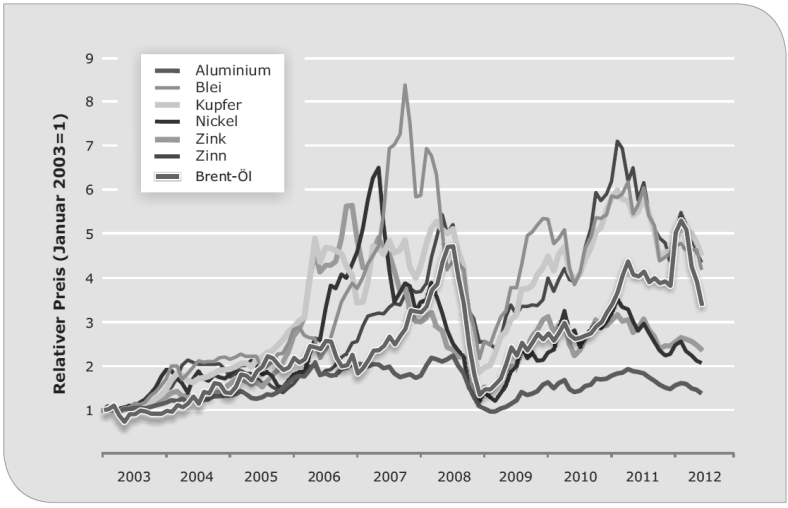


Abb. 4: Relative Rohstoffpreisentwicklung seit 2003 (Quelle DERA).

Angefacht in den letzten Jahren, auch durch die plötzliche Verknappung der Seltenen Erd-Metalle und weiterer Industrieminerale (wie z.B. Flussspat) setzt sich langsam auch in der Öffentlichkeit die Erkenntnis durch, dass Rohstoffe nicht mehr eine stets verfügbare Ware darstellen, die dazu auch noch billig zu haben sind. Für die Industrie hat das bereits enorme Auswirkungen, die eine möglichst schnelle Kompensation erfordern, da Ausfälle in der Rohstoffversorgung große Schäden verursachen.

Um international nicht weiter in Rückstand zu geraten wurde im Oktober 2010 die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) gegründet, die Bestandteil der

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) mit Sitz in Hannover ist. Seit März 2012 ist die DERA räumlich im BGR-Dienstbereich in Berlin-Spandau angesiedelt. Die DERA arbeitet in nationalen und internationalen Netzwerken der Geologischen Dienste und kooperiert mit zahlreichen Rohstoffverbänden. Sie fußt auf der Fachkompetenz und wissenschaftlich-technischen Infrastruktur der BGR im Rohstoffbereich. Dabei kann sie auf eine 50jährige internationale Zusammenarbeit mit Rohstoffe produzierenden Ländern, insbesondere Entwicklungsländern zurückgreifen.

Die Bedeutung der DERA für die deutsche Industrie kann nicht hochgenug eingeschätzt werden, denn es ist davon auszugehen, dass der in den sogenannten Schwellenländern stark wachsende Rohstoffbedarf sich noch weiter verstärken wird. In jedem Fall sind politische Entscheidungen zur Rohstoffproblematik dringend erforderlich. Dies ist bereits durch die Politik aufgegriffen worden sind. So werden Initiativen gefördert, die dem sparsamen Einsatz von Rohstoffen dienen und des Weiteren konnten bereits Rohstoffpartnerschaften mit rohstoffreichen Ländern abgeschlossen werden.

Neben stabilen außenwirtschaftlichen Beziehungen ist die (Wieder-)Gewinnung einheimischer Rohstoffe ein Schlüssel, die außenwirtschaftlichen Abhängigkeiten zu verringern, denn Deutschland ist eben kein rohstoffarmes Land. Neben großen Anthrazit-, Stein- und Braunkohlevorräten verfügt Deutschland über ebenfalls große Kali- und Steinsalz-Lagerstätten. Eine weitgehend kontinuierliche Versorgung mit Steine- und Erden-bzw. Massenrohstoffen (Bausande, Kiese, Tone, Kalksteine, gebrochene Natursteine) aus einheimischen Lagerstätten ist nahezu gewährleistet.

Am Beispiel Kupfer ist ersichtlich, dass Verknappungen am Markt und damit einhergehende Verteuerungen *nicht immer* gleichzusetzen sind mit geologischen Verknappungen. Oftmals reflektieren sie fehlende Investitionen bzw. fehlende Investitionsbereitschaft auf Grund falscher politischer Entscheidungen und Vernachlässigung der Rohstoffproblematik insgesamt. So verfügt Deutschland über bedeutende Bunt- und Edelmetallvorräte an der Basis des Zechsteins in der Lausitz und in Thüringen. Auf Grund fehlender Erfahrungen und damit einhergehender falscher Einschätzungen ist der Abbau dieser Lagerstätten bisher nicht in Angriff genommen worden.

Ganz ähnlich sieht es auch, geologische gesehen, bei weiteren Erzen aus: so lagern beispielsweise im sächsischen Erzgebirge bedeutende Zinnvorkommen und eine große Flussspatlagerstätte in Niederschlag ist gerade wieder angefahren worden.

Das Ruhrkarbon wird von kilometerlangen und mehrere Meter mächtigen Erzgängen (z.B. „Köhlergang“ auf der Zeche Auguste Victoria) durchzogen, die gleichfalls erhebliche Buntmetallmengen führen, und die Eisenerzlagerstätte der Gifhorner Mulde in Niedersachsen beinhaltet nach vorsichtigen Berechnungen von 1950 mindestens 1,7 Mrd. t Erz (Seitz, 1950).

Neben der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung und der Begrenzung der deutschen Ressourcenabhängigkeit, die auch eine politische Erpressbarkeit beinhaltet, kann u. a. mit einheimischen Rohstoffen und deren Sicherung, ein Beitrag zur Verteilungsgerechtigkeit (Nord-Süd) und zur Eindämmung von Kinderarbeit, in den o.g. Regionen (insbesondere Afrika), geleistet werden. Fehler der vergangenen Jahrzehnte müssen korrigiert werden: so ist der Zugang zu den heimischen Lagerstätten durch Überplanung mit konkurrierenden Nutzungen oft versperrt oder wird durch unverhältnismäßige Auflagen untragbar verteuert. Wohlgemerkt, es geht dabei um die richtige Balance und nicht um ein Ignorieren von berechtigten Umwelt- und Naturschutzbelangen. Auch muss dabei einer sich latent entwickelnden Industrie- und Technikfeindlichkeit entgegengetreten werden, will man den „Industriestandort Deutschland“ erhalten und nachhaltig weiter entwickeln.

Eine deutliche Vorreiterrolle bei der Wiederbelebung des deutschen Erzbergbaus nimmt der Freistaat Sachsen ein, der auf eine jahrhundertealte Bergbaugeschichte zurückblicken kann.

Das rohstoffreiche Bundesland kann dabei auf eng gewachsene und verflochtene Strukturen zurückgreifen. Sie reichen von der Gewinnung und Rückgewinnung über sämtliche Stufen der Rohstoffveredlung bis Anwendung. Wie aus einer Stellungnahme des Sächsischen Oberbergamtes in Freiberg hervorgeht, existiert bei den Einwohnern Sachsens das Wissen um den Zusammenhang zwischen heimischer Rohstoffgewinnung und Wohlstand. Es steht in keinem Widerspruch zum allseits geschärften Umweltbewusstsein und den hohen Umweltstandards in Deutschland. Vielmehr wird für einen effizienten Umgang mit Rohstoffen für Mensch und Umwelt mit hohem Nutzen für jetzige und künftige Generationen plädiert.

In diesem Sinne liegen beim Sächsischen Oberbergamt zahlreiche Anträge deutscher und internationaler Firmen zur Rohstoffexploration bzw. bereits zur Rohstoffgewinnung vor (Abb. 5).

Ein in der Zukunft mit und im Vorfeld der Rohstoff-Industrie intensiver zu erkundender, bereits durch die BGR vorerkundeter, Bereich sind marine mineralische Rohstoffe der Tiefsee. Marine polymetallische Sulfide im Indik (sogen. „Black Smoker“) wurden von der BGR bei der Internationalen Mee-

resbodenbehörde Ende 2013 beantragt. Die Explorationslizenz für Mangan-Knollen besteht seit 2006 (bis 2021). Hier hält Deutschland Lizenzen im Pazifik, zwischen Hawaii und Mexiko. Auch das könnte einen möglichen Beitrag zur Versorgung der deutschen Industrie mit Rohstoffen zukünftig darstellen. Allerdings gibt es hier im Vorfeld – bis zu einer bergbaulich relevanten Nutzung – sowohl technologische als auch umweltrelevante Sachverhalte zu klären.

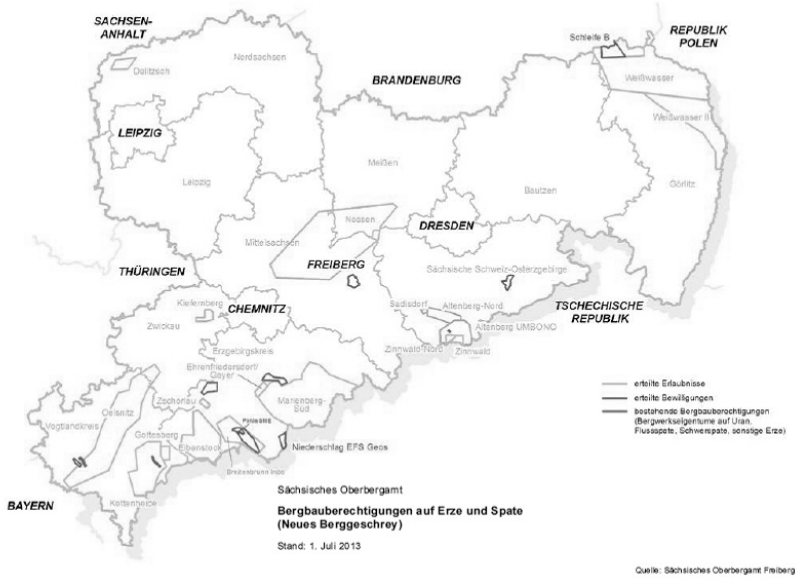
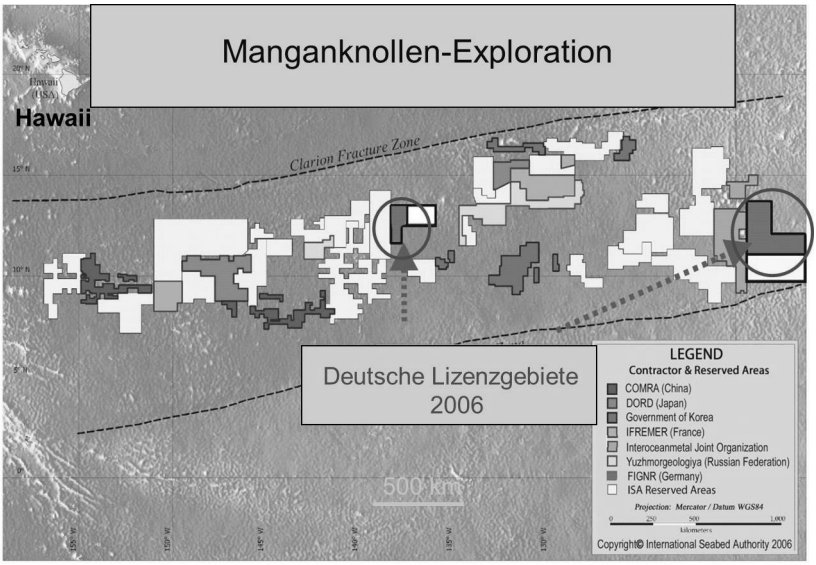


Abb. 5: Bergbauberechtigungen auf Erze und Spate in Sachsen (Neues Berggeschrey; Quelle Sächsisches Oberbergamt, Stand 2013).



Deutsche Lizenzgebiete im Pazifik; Quelle: BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2014.

Literatur:

DERA Rohstoffinformationen Nr. 13: Deutschland – Rohstoffsituation 2011; Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

FR-online.de v. 15.7.2008: Karte einiger wichtiger Bodenschätze in Deutschland. Quelle: FR-online.de

Seitz, O. (1950). Das Eisenerz im Korallenoolith der Gifhorner Mulde bei Braunschweig und Bemerkungen über den Oberen Dogger und die Heersumer Schichten. Geol. Jb. 64, S. 1-76, Hannover/Celle.

Steinbach, Volker (2014). Vortrag zu Tiefseebergbau – Deutsche Lizenzgebiete 2006 im Pazifik – Quelle BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe;

Sächsisches Oberbergamt (2013). Der Bergbau in Sachsen; Bericht des Sächsischen Oberbergamtes und des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Referat Rohstoffgeologie) für das Jahr 2012

F.-W. Wellmer (2012). Rohstoffe, die Basis unseres Wohlstandes.-GMIT, Nr. 47, S. 6-21.

Fotos Abb. 1 – Zinn- und Coltan-Gewinnung im Grenzgebiet Ruanda-Zaire – mit freundlicher Unterstützung und Genehmigung V. Spieth, 2012.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 81–96*

Axel Müller

Urban Mining von elektronischem Abfall – Herausforderungen aus der Sicht eines Geologen

Kurzfassung

Der Begriff „Urban Mining“ umschreibt die qualitative und quantitative Beurteilung und Gewinnung von Rohstoffen anthropogener Lagerstätten. Aufgrund des rasant steigenden Verbrauchs von kostbaren und kritischen Metallrohstoffen in der Elektronik- und Hochtechnologieindustrie, wie zum Beispiel Au, Ag, W, Co, REE, Pd, Ta, In Ga, und Ge, werden im zunehmenden Maße Möglichkeiten für die Aufbereitung und Wiedergewinnung dieser Sekundärrohstoffe aus elektronischen Abfall diskutiert und entwickelt. Die Hauptherausforderungen einer wirtschaftlichen Wiedergewinnung dieser Metalle sind eine funktionierende Einsammlungsinfrastruktur, eine verlust- und energiearme mechanische Trennung und Zerkleinerung von elektronischen Bauteilen, und die Entwicklung metallurgischer Technologien zur Extrahierung der Metalle. Am konkreten Beispiel der chemischen Zusammensetzung von Mobiltelefonen werden der gegenwärtige Stand und die Potentiale des Metallrecyclings diskutiert und mit Aufwendungen und Kosten der Gewinnung dieser Metalle durch konventionellen Bergbau verglichen.

1. Einleitung

Momentan steht unsere Gesellschaft am Anfang einer bedeutenden Verlagerung von der Nutzung natürlicher Rohstofflagerstätten zu anthropogenen Lagerstätten. Aufgrund dieser Entwicklung wurde der Begriff „Urban Mining“ oder urbaner Bergbau geprägt, der die qualitative und quantitative Beurteilung (Erkundung) und Gewinnung von sogenannten Sekundärrohstoffen anthropogener Lagerstätten umschreibt. Die technologische Entwicklung und Expansion des urbanen Bergbaus ist aufgrund des rasant steigenden Gebrauchs von kostbaren und kritischen Rohstoffen u.a. in der Elektro- und Hochtechnologieindustrie notwendig, um dem weltweit steigenden Lebens-

standard gerecht zu werden. Unter urbanem Bergbau ist vor allem das Recycling von stofflich und chemisch komplexen und schwer trennbaren Abfällen zu verstehen, ähnlich dem konventionellen Bergbau, bei dem Erzminerale aus meist polymineralisch zusammengesetzten Gesteinen mit Hilfe verschiedener Aufbereitungs- und metallurgischer Verfahren gewonnen werden. Das Recycling von monostofflichen und leicht trennbaren Abfällen, wie zum Beispiel Bauschutt, Schrott, Glas und Papier, wird schon seit längerem praktiziert; im Falle von Bauschutt und Metallen schon seit dem Altertum. Anders verhält es sich mit komplex zusammengesetztem, elektronischem Abfall, wie zum Beispiel Mobiltelefonen. Deren Recycling erfordert spezifische Aufbereitungstechniken und metallurgische Verfahren, für die es momentan nur Lösungsansätze gibt. Der Stand der Technologieentwicklung zur Verwertung von elektronischem Abfall entspricht jedoch bei weitem nicht den heutigen Anforderungen und der bestehenden Notwendigkeit. Das geringe ökonomische Interesse und damit das Zurückbleiben der Technologieentwicklung für die Aufbereitung von elektronischem Abfall führt dazu, dass einige westliche Industriestaaten, Schätzungen zu folge 50 bis 80 % des Elektronikschrottes in Schwellen- und Entwicklungsländer exportieren, wo der Abfall mit primitiven Mitteln und großer Belastung von Mensch und Umwelt und nur zu einem geringen Teil aufbereitet wird (z.B. Bock 2012).

Das momentan geringe industrielle Interesse an der Technologieentwicklung ist vor allem dadurch begründet, dass die Preise der primären Rohstoffe nach wie vor viel niedriger sind, als die Kosten für die Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus elektronischem Abfall (z.B. Kausch et al. 2014). Ein Preisangleich wird frühestens in 10 bis 15 Jahren erwartet (Aussage von Stefan Gäth in Achtnich 2012). Der derzeitige Preisunterschied erstaunt jedoch, wenn man bedenkt, dass die Menge und der Wert des anfallenden elektronischen Abfalls in den letzten zwei Jahrzehnten stark angestiegen sind. Der Anstieg ist durch (1) den steigenden Anteil von elektronischen Geräten in Haushalten und der Industrie, (2) die kürzer werdende Produktlebensdauer und (3) die steigende Anzahl und Menge verwendeter, hochwertiger Elemente, sogenannter Technolgieelemente, verursacht. „Technologieelement“ ist ein beschreibender Begriff, der v.a. Edelmetalle und Spezialmetalle umfasst, die für die Produktion alternativer Energie und anderer Hochtechnologieanwendungen notwendig sind. Sie sind unentbehrlich für die technische Funktionalität aufgrund ihrer oft einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften, wie Leitfähigkeit, Schmelzpunkt, Dichte, Härte, katalytische,

optische und magnetische Eigenschaften. Sie werden in relativ geringen Mengen benötigt und oft in speziellen Legierungen.

„Kritische Elemente“ sind solche von hoher ökonomischer und strategischer Bedeutung und für die ein potentielles Versorgungsrisiko besteht. Dieses Risiko wird bestimmt durch die politische Stabilität der rohstoffproduzierten Länder und Gebiete und die Sicherheit der Versorgungswege. Die Rohstoffkritikalität ist somit eine geopolitische Evaluierung und keine geologische, das heißt die Menge der vorhandenen und bekannten Ressourcenmenge eines Rohstoffes ist nicht berücksichtigt. Neunzehn der 21 kritischen Rohstoffe sind Bestandteil von Mobiltelefonen.

Im Folgenden sollen am Beispiel des Mobiltelefons die chemische Komplexität und die damit verbundenen Herausforderungen der Aufbereitung sowie der gegenwärtige Stand der Technologieentwicklung aufgezeigt werden.

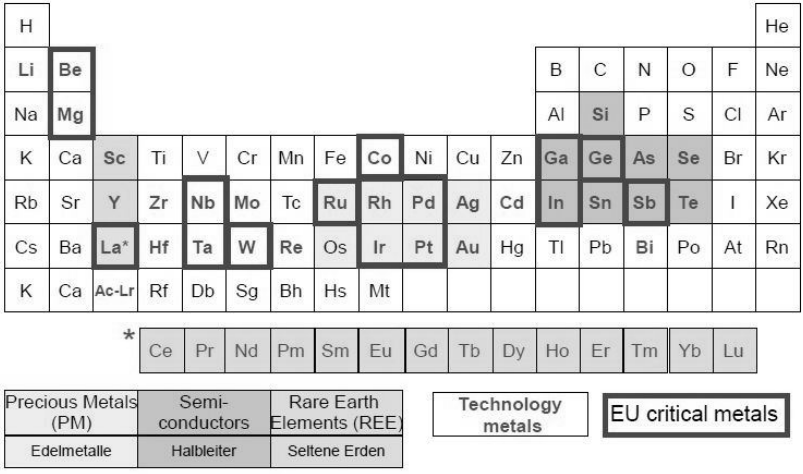


Abbildung 1. Periodensystem der Elemente (ohne Actinoide) in dem die Technologieelemente in roter Schrift hervorgehoben sind. Von den Seltenen Erden werden vor allem Nd, Gd, Tb und Dy als Technologieelemente bewertet. Eine Anzahl der Technologieelemente sind sogenannte kritische Elemente, die violett eingerahmt sind. Für Erklärung siehe Abbildung 2.

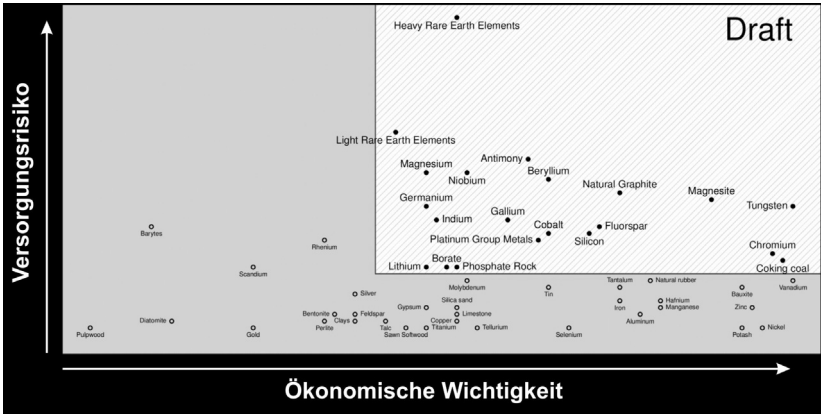


Abbildung 2. Entwurf der Europäischen Rohstoffkommission zur Kritikalität von Rohstoffen (Stand April 2014). Alle Rohstoffe bzw. Elemente, die sich im rot schraffierten Feld befinden, werden als kritisch bewertet. In die Bewertung der Rohstoffkritikalität gehen die ökonomische Wichtigkeit (x-Achse) und das potentielle Versorgungsrisiko (y-Achse) ein.

2. Die chemische Zusammensetzung von Mobiltelefonen

Mobiltelefone sind komplex zusammengesetzte Objekte in Bezug auf ihre Konstruktion und die verwendeten chemischen Stoffe, Elemente und deren Legierungen. Ihr Aufbau ist komplizierter als natürliche Gesteine und Erze, aus denen traditionell Metalle und andere Rohstoffe gewonnen werden. Hinzu kommt, dass die Bauteile klein sind und eine starke Größenvariation aufweisen, von zum Beispiel ca. 10 µm des sphärischen Graphits in der Mobiltelefonbatterie bis zum ca. 10 cm großen Plastikgehäuse. Die enorme Größenvariation, die komplexe Konstruktion und die Vielzahl der verwendeten Stoffe und Legierungen machen eine mechanische Trennung der einzelnen Stoffe praktisch unmöglich.

Abbildung 3 zeigt die Hauptbauteile eines Mobiltelefons. Jedes dieser Bauteile hat, abgesehen vom Plastikgehäuse, wiederum eine komplexe stoffliche Zusammensetzung. Als Beispiel ist der Aufbau des 10-mm großen Mikrovibrationsmotors in Abbildung 4 gezeigt. Dieser Motor besteht aus einem Gehäuse, zwei Leiterplatten, einem Neodymmagnet, der Motorwelle und deren Lager, einem Kommutator, zwei Schwingspulen, zwei Abtastbürsten und einem Gegengewicht.

Die in Abbildung 4 gezeigte chemische Zusammensetzung der einzelnen metallischen Bauteile wurde im Zusammenhang dieser Studie mit einem ana-

lytischen Rasterelektronenmikroskop Typ LEO 1450VP mit einem energiedispersiven Röntgenfluoreszenzspektrometer von Oxford Instruments bestimmt. Folgende zehn Metalle konnten als Hauptbestandteile (>3 Gew.-%) im Mikrovibrationsmotor nachgewiesen werden: Fe, Ni, Cu, Cr, Au, Ag, W, Pd, Nd, und Pr. Die meisten Metalle sind Bestandteil von Legierungen, wie z.B. der oberflächenvernickelte Neodymmagnet, das Nickel-Wolfram-Gegengewicht und die Silber-Palladium-Abtastbürsten. Solche künstlich geschaffenen Legierungen sind metallurgisch schwer trennbar. Das Beispiel verdeutlicht die stoffliche Komplexität in sehr kleinem Maßstab. Mit konventionellen Trennungsprozessen sind die Stoffe eines solchen winzigen Bauteils nicht zu trennen.

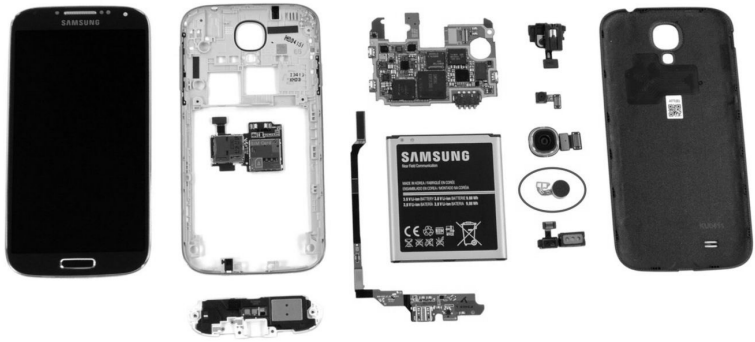


Abbildung 3. Ein Mobiltelefon, zerlegt in seine Hauptbauteile. Jedes Bauteil hat seinen eigenen komplexen Aufbau. Der des rot eingekreisten Mikrovibrationsmotors ist in der folgenden Abbildung 4 näher erklärt.

Aufgrund der stofflichen Komplexität ist es sehr aufwendig, die chemische Gesamtzusammensetzung eines Mobiltelefons über die Bestimmung der Zusammensetzung der einzelnen Bauteile zu berechnen. Das ist auch der Hauptgrund, dass Angaben über die Gesamtchemie von Mobiltelefonen in den öffentlichen Medien oft unvollständig oder ungenau sind. Müller (2013) publizierte eine komplette Liste aller im Mobiltelefon nachweisbaren Elemente am Beispiel von drei unterschiedlichen Mobiltelefontypen. Die Telefone und deren Lithium-Ionen-Batterien wurden getrennt analysiert. Die Herausforderung bestand darin, die Mobiltelefone und ihre Batterien auf eine kleinstmögliche Partikelgröße zu zerkleinern, da eine chemische Gesamtanalyse eine

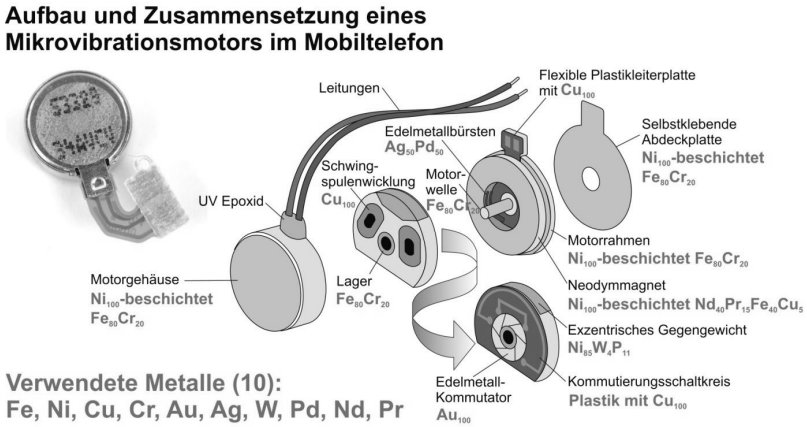


Abbildung 4. Aufbau eines Mikrovibrationsmotors im Mobiltelefon. Der Motor hat einen Durchmesser von 10 mm. Die tiefgestellten, blauen Zahlen entsprechen den Gehalten (in Gew.-%) der Metalle in den einzelnen Bauteilen. Der absolute Messfehler ist 3 Gew.-%.

Abbildung 5. Mobiltelefon vom Typ Nokia 5130 XpressMusic vor (links oben; Herstellerfoto) und nach der gepulsten Hochspannungsfragmentierung. Quelle: Müller (2013).

komplette Auflösung der Bauteile in einer Säuremixtur erfordert. Für die Zerkleinerung der Mobiltelefone und Batterien wurde die Methode der gepulsten Hochspannungsfragmentierung gewählt, die von der Schweizer Firma Selfrag mit durchgeführt wurde (Selfrag 2014). Das Resultat der Fragmentierung ist in Abbildung 5 dargestellt.

Tabelle 1 zeigt die Durchschnittskonzentrationen aller nachweisbaren chemischen Elemente >10 mg kg^{-1} in Mobiltelefonen und >2 mg kg^{-1} in Lithium-Ionen-Batterien. Insgesamt wurden 46 Elemente mit Konzentrationen >10 mg kg^{-1} in Mobiltelefonen nachgewiesen. Das entspricht 50% aller natürlich vorkommenden Elemente.

Die Masse dieser Elemente in einem Mobiltelefon ist verschwindet gering. Die gesamte Produktion von 1.806.964.700 Mobiltelefonen im Jahre 2013 (Gartner Inc. 2014) erforderte jedoch Rohstoffmengen von 36 t Au, 131 t Ag und 27.408 t Cu (Tabelle 1). Diese Mengen entsprechen 1.31 % der weltweiten bergbaulichen Goldproduktion von 2013 (2.770 t Au; USGS 2014), 0.49 % der Silberproduktion (26.600 t Ag; USGS 2014) und 0.15 % der Kupferproduktion (17.900.000 t; USGS 2014). Die Menge der Mobiltelefone macht diese zu einer anthropogen Rohstofflagerstätte sofern alle Mobiltelefone dem Recyclingsystem zugeführt werden und unter Berücksichtigung der Minimumfördergehalte im konventionellen Bergbau. Diese Gehalte entsprechen den Elementkonzentrationen in einem Gestein, die es zur abbauwürdigen Lagerstätte machen. Bestimmend sind dabei der Rohstoffpreis und die Abbau- und Aufbereitungskosten. Die Aufbereitungskosten von elektronischen Abfall sind jedoch nach wie vor viel höher als die des bergbaulichen Abbaus und demzufolge sind Minimumwiedergewinnungsgehalte für Metalle bis zu 40 mal höher als bergbauliche Fördergehalte (Tabelle 2; Hakelüken 2014).

In Tabelle 1 sind neben den Elementkonzentrationen auch die Anreicherung dieser Elemente in Mobiltelefonen und Batterien im Vergleich zur durchschnittlichen Zusammensetzung der kontinentalen Erdkruste nach Rudnick und Gao (2005) angegeben. Zum Beispiel sind die teuren Edelmetalle Au ca. 170.000 mal und Ag ca. 17.000 mal und das Übergangsmetall Cu ca. 7.000 mal in den Mobiltelefonen mehr angereichert als in der Erdkruste.

Mobiltelefon						**Lithiumbatterie**					
A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**A**	**B**	**C**	**D**	**G**	**H**
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		g	t		mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		g	t
C	269.000	30.610	n.b.	21,251	38.399,8	C	264.333	13.796	n.b.	5.8153	10508.1
Cu	192.000	56.027	6.857	15,168	27408,0	Co	171.000	109.995	9884	3.7620	6797.8
Si	53.533	6.307	0	4,229	7641,9	Al	156.967	77.127	2	3.4533	6239.9
Fe	46.867	22.289	1	3,702	6690,2	Cu	102.433	44.356	3658	2.2535	4072.1
Ca	18.667	1.858	1	1,475	2664,7	Li	19.890	12.577	829	0.4376	790.7
Al	18.200	1.473	0	1,438	2598,1	Ni	18.710	25.021	398	0.4116	743.8
Ni	16.150	12.923	344	1,276	2305,4	Mg	12.367	6.841	1	0.2721	491.6
Sn	11.770	3.894	5.605	0,930	1680,2	Fe	10.267	2.350	0	0.2259	408.1
Zn	10.520	14.647	157	0,831	1501,7	Si	8.867	3.365	0	0.1951	352.5
Cr	5.860	1.782	64	0,463	836,5	K	5.667	3.215	0	0.1247	225.3
B	4.203	621	247	0,332	600,0	N	5.167	7.391	62	0.1137	205.4
Ba	3.700	608	6	0,292	528,2	F	5.067	1.762	9	0.1115	201.4
Nd	2.627	1.298	97	0,208	375,0	Mn	2.947	3.272	4	0.0648	117.2
Ti	1.933	777	5.039	0,153	276,0	Ca	2.700	794	0	0.0594	107.3
Mg	1.800	361	1.204	0,142	257,0	Sn	1.610	864	767	0.0354	64.0
Sr	1.663	1.522	5	0,131	237,4	Ti	1.567	1.069	4083	0.0345	62.3
P	1.633	403	2	0,129	233,2	P	1.520	407	2	0.0334	60.4
S	1.267	58	20	0,100	180,8	Cl	933	1.021	3	0.0205	37.1
Co	955	582	55	0,075	136,3	Na	890	779	0	0.0196	35.4
N	933	577	11	0,074	133,2	Ba	641	471	1	0.0141	25.5
Ag	915	526	17.264	0,072	130,7	Br	583	1010	365	0.0128	23.2
Mn	676	86	1	0,053	96,5	S	400	608	6	0.0088	15.9
Pr	654	299	92	0,052	93,4	Cr	377	111	4	0.0083	15.0
F	533	153	1	0,042	76,1	B	313	122	18	0.0069	12.5
Na	437	110	0	0,034	62,3	Zn	163	101	2	0.0036	6.5
Ta	409	203	455	0,032	58.4	Pb	145	197	9	0.0032	5.8
Cl	267	115	1	0,021	38.1	Nd	101	29	4	0.0022	4.0
Au	255	120	170.222	0,020	36.4	As	60	8	12	0.0013	2.4
W	190	127	100	0,015	27.2	Sr	40	17	0	0.0009	1.6

Mobiltelefon						**Lithiumbatterie**					
A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**A**	**B**	**C**	**D**	**G**	**H**
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		g	t		mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		g	t
Dy	146	58	37	0,012	20.8	Au	35	16	23311	0.0008	1.4
Br	135	136	85	0,011	19.3	V	32	6	0	0.0007	1.3
Pb	106	15	6	0,008	15.2	W	27	32	14	0.0006	1.1
Li	105	57	4	0,008	14.9	La	23	14	1	0.0005	0.9
Gd	83	39	21	0,007	11.9	Pr	23	8	3	0.0005	0.9
Ge	79	54	57	0,006	11.3	Ga	21	10	1	0.0005	0.8
Mo	75	6	68	0,006	10.8	Se	16	8	176	0.0003	0.6
As	64	31	13	0,005	9.1	Sb	10	8	25	0.0002	0.4
In	56	48	995	0,004	8.0	Nb	10	3	1	0.0002	0.4
Ga	38	8	2	0,003	5.5	In	9	14	162	0.0002	0.4
V	36	10	0	0,003	5.1	Bi	7	7	44	0.0002	0.3
Sb	25	11	63	0,002	3.6	Mo	6	2	5	0.0001	0.2
Se	18	4	198	0,001	2.5	Dy	6	3	1	0.0001	0.2
Y	17	6	1	0,001	2.5	Ta	4	3	5	0.0001	0.2
La	14	4	0	0,001	2.0	Gd	4	1	1	0.0001	0.2
Ho	13	6	15	0,001	1.8	Y	3	0	0	0.0001	0.1
Sc	12	3	1	0,001	1.7	Sm	3	4	1	0.0001	0.1
Nb	10	4	1	0,001	1.4	Rb	2	2	0	0.0000	0.1

A Element
B Durchschnittskonzentration
C Standardabweichung
D normalisiert zur Durchschnittszusammensetzung der Erdkruste
E Gewicht des Elements in einem Telefon
F Gewicht des Elements in 1,8 Milliarden Telefonen
G Gewicht des Elements in einer Batterie
H Gewicht des Elements in 1,8 Milliarden Batterien

Tabelle 1. Durchschnittskonzentrationen der in drei verschiedenen Mobiltelefonen und deren Batterien vorkommenden Elemente. Ebenfalls aufgelistet sind Anreicherungen der Elemente im Vergleich zur durchschnittlichen Zusammensetzung der kontinentalen Erdkruste nach Rudnick und Gao (2005; mit einem korrigierten Goldwert von 0,0015 mg kg^{-1}), das Gewicht der Elemente in einem Mobiltelefon (79 g) und einer Lithium-Batterie (22 g) und die notwendig Tonnage der Element um 1.806.964.000 Mobiltelefonen herzustellen. Die Zahl entspricht der weltweit verkauften Mobiltelefone im Jahre 2013 (Gartner Inc. 2014).

Element	Durchschnittskonzentration in Telefon/ Batterie	Bergbaufördergehalt in Gestein	Wiedergewinnungsgehalt in E-Abfall	Abbau- und Aufbereitungskosten	Rohstoffpreise 2013
	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}	mg kg^{-1}		
Mobiltelefon					
Cu	192.000	8.000	120.000	3.500 U$/t	6.000 U$/t
Ni	16.150	10.000	keine Angaben	8.000 U$/t	15.000 U$/t
Sn	11.770	16.000	keine Angaben	10.000 U$/t	20.000 U$/t
Ag	915	350	50	10 U$/oz	20 U$/oz
Ta	409	300	Aufbereitung nicht entwickelt	?	300.000 U$/t (Tantaloxid)
Au	26	4	200	600 U$/oz	1.200 U$/oz
Lithium-Batterien					
Co	171.000	5.000	keine Angaben	5.000 U$/t	30.000 U$/t
Cu	102.433	8.000	120.000	3.500 U$/t	6.000 U$/t
Li	19.890	15.000	keine Angaben	Von Mineralien: 4.500 U$/t Von Brines: 2.000 U$/t	Batteriegrad Lithium karbonat/ hydroxid: 6.000 U$/t
Ni	18.710	10.000	keine Angaben	8.000 U$/t	15.000 U$/t
Sn	1.610	16.000	keine Angaben	10.000 U$/t	20.000 U$/t
Ta	4	300	Aufbereitung nicht entwickelt	?	300.000 U$/t (Tantaloxid)

Tabelle 2. Durchschnittszusammensetzung einiger wertvoller Elemente, die in Mobiltelefonen und ihren Lithium-Batterien enthalten sind. Die Daten sind verglichen mit konventionellen Minimumbergbaufördergehalten aus Gestein, den Minimum-Wiedergewinnungsgehalten aus elektronischen Abfall nach Umicore (Hagelüken 2014), den Bergbau- und Aufbereitungskosten (aus Gestein) und den durchschnittlichen Rohstoffpreisen. Bei allen Daten handelt sich um Annährungswerte für 2013, die aus verschiedenen bergbauindustriellen Quellen zusammengestellt wurden.

3. Aufgaben eines effektiven Recyclings von Mobiltelefonen

Momentan steht unsere Gesellschaft vor großen Herausforderungen, um die steigenden Mengen des anfallenden elektronischen Abfalls zu recyceln. Prinzipiell sind es sieben Parameter, die ein effektive, umweltfreundliche und gewinnbringende Wiedergewinnung von Sekundärrohstoffen aus Mobiltelefonen und anderen elektronischen Abfall bestimmen:

1. Ein Produktdesign, das die Trennung von Materialen erleichtert
2. Ein deckendes Netzwerk von Sammelstationen
3. Schaffen eines besseres Bewusstseins für Recycling in der Bevölkerung
4. Kontrolle und Transparenz des Recyclingkreislaufes
5. Entwicklung von verlustarmen und energieeffektiven Verfahren zu physikalischen Trennung von Materialien
6. Entwicklung von energie- und gewinnungseffektiven metallurgischen Verfahren oder umweltfreundlichen Leaching-Verfahren zur Trennung der Metalle
7. Ausreichende Recyclingkapazitäten

Zum heutigen Zeitpunkt ist jedoch keiner dieser Punkte voll erfüllt. Das liegt vor allem daran, dass der ökonomische Gewinn, das heißt der finanzielle Anreiz für die Profitsicherung der Privatindustrie derzeit zu gering ist, um die logistischen und technologischen Aufgaben zu erfüllen. Das Design von Mobiltelefonen ist nicht ausgelegt, um das Zerlegen in Einzelbestandteile zu erleichtern. Die bestimmenden Kriterien für das Produktdesign sind die Funktionalität und visuelle Attraktivität. Unzureichendes Bewusstsein der Designer bzw. die Auflagen der Industrie behindern nach wie vor ein Recyclingfreundliches Produktdesign. Das Netzwerk von Sammelstation ist in den westlichen Ländern momentan im Aufbau. In den meisten Ländern wird es aber noch Jahre dauern, bevor solche Netzwerke eingerichtet werden. In den Ländern, wo bereits ein mehr oder weniger funktionierendes Netzwerk von Sammelstellen besteht, wird es jedoch nur von wenigen Konsumenten genutzt. Weltweit werden nur 3 bis 5 % der Altmobiltelefone dem Recyclingprozess zugeführt, dass heißt, der Großteil der Mobiltelefone kommt erst gar nicht in den Recyclingkreislauf. Das Bewusstsein und die Einsicht der Notwendigkeit von Recycling sind bei der Bevölkerung nur im geringen Masse ausgeprägt; bessere Information und Aufklärung sind nötig. Von den 3 bis 5 % der abgelieferten Altmobiltelefone werden 50 bis 80 % in Schwellen- und Entwicklungsländer exportiert, wo sie mit einfachen Technologien und geringem Wiedergewinnungsgrad aufbereitet werden (z.B. Bock 2012). Demzufolge werden nur 1 bis 2 % der Altmobiltelefone der kompetenten Recyclingindustrie zugeführt. Eine Kontrolle und Transparenz des Recyclingkreislaufes sind notwendig, um den teilweise illegalen Export von elektronischem Abfall in Länder, in denen keine effektive und umweltverträgliche Recyclingindustrie existiert, zu verhindern. Das unprofessionelle Recycling von elektronischem Abfall birgt große gesundheitliche Gefahren für Menschen und die Schädigung von Umwelt. Elektronischer Abfall enthält neben den wiederge-

winnbaren Materialien auch einige toxische Stoffe wie As (64 mg kg^{-1}, Tabelle 1) und Pb (106 mg kg^{-1}; Tabelle 1). Auch Spuren (4 bis 10 mg kg^{-1}) von polychlorierten Biphenylen (PCB) wurden in den Plastikteilen von Mobiltelefonen nachgewiesen (Ottesen 2013). PCB sind krebsauslösende organische Chlorverbindungen, die bis in die 1980er Jahre in Kunststoffen und anderen Materialien verwendet wurden. Bei der Verschwelung von PCB können auch giftige Dioxine und Furane gebildet werden. Trotz des Anwendungsverbotes in der EU seit 1980 sind die PCB aufgrund des Plastik-Recyclingkreislaufes in geringen Mengen allgegenwärtig. Diese giftigen und umweltgefährdenden Stoffe müssen während der Aufbereitung isoliert und umweltverträglich entsorgt werden. Verfahren einer verlustarmen mechanischen Trennung und Zerkleinerung von elektronischen Bauteilen von Mobiltelefonen existieren momentan nur ansatzweise. Dasselbe gilt für die metallurgische Aufbereitung von elektronischem Abfall, wie im folgenden Kapitel naher erläutert ist.

4. Industrielle Vorreiter der metallurgischen Aufbereitung von Mobiltelefonen

Der treibende Faktor für die Entwicklung von Recyclingverfahren von elektronischem Abfall ist der Wiedergewinnungsgrad der Edelmetalle Au, Ag und Pd, sowie des Übergangsmetalls Cu. Diese Metalle werden auch als die „bezahlenden“ Elemente genannt. Laut Cui und Zhang (2008) decken die Edelmetalle 70% der Recyclingkosten von Mobiltelefonen im Falle einer hundertprozentigen Wiedergewinnung. Neuere Zahlen der “bezahlenden” Elemente und Stoffe in Mobiltelefonabfall sind: Plastik <1 %, Fe <1 %, Al <1 %, Cu 5 %, Au 81 %, Ag 6 %, und Pd 6 % (Hagelüken 2014). Das heißt, dass nur 4 Metalle 98 % der Recyclingkosten decken. Diese Metalle müssen aber eine bestimmte Minimumkonzentration im Abfall aufweisen (siehe Tabelle 2). Das Recycling von zusätzlichen Metallen bringt somit momentan keinen nennenswerten Gewinn, obwohl eine Reihe der verwendeten Technologiemetalle, wie In, Ta und Nd, teuer sind und als versorgungskritisch eingestuft werden (Abbildung 2). Der Grund liegt in der sehr geringen Konzentration der Technologiemetalle im Mobiltelefonabfall (weit unter 1 Gew.-%).

Die metallurgische Trennung von künstlich hergestellten Legierungen in Form von Kleinstbauteilen stellt nicht nur eine finanzielle sondern auch eine technologische Herausforderung dar. Die künstliche Anreicherung der Metalle und deren Legierungen im Mobiltelefonabfall widerspricht thermodynamischen Gesetzen, was deren Trennung sehr erschwert. Der Unterschied

zwischen natürlicher und künstlicher Anreicherung ist in Abbildung 6 am Beispiel der Seltenen Erden illustriert. Die Konzentrationen der Seltenen Erden in der kontinentalen Erdkruste und in Mobiltelefonen ist im Diagramm der Abbildung 6 gegen die der Chondrite normalisiert. Chondrite sind Meteorite, die annähernd der Durchschnittszusammensetzung des Universums entsprechen. Die relative gleichmäßige rote Linie entspricht der Durchschnittszusammensetzung der kontinentalen Kruste. Die gleichmäßige Anreicherung der Seltenen Erden ist durch die ähnlichen Eigenschaften der Seltenen Erden bedingt. Im Gegensatz dazu sind die Selten-Erd-Verteilungen der Mobiltelefone und deren Batterien sehr unregelmäßig. Fünf Seltene Erden sind dabei stark angereichert: Praseodym, Neodym, Gadolinium, Dysprosium und Holmium.

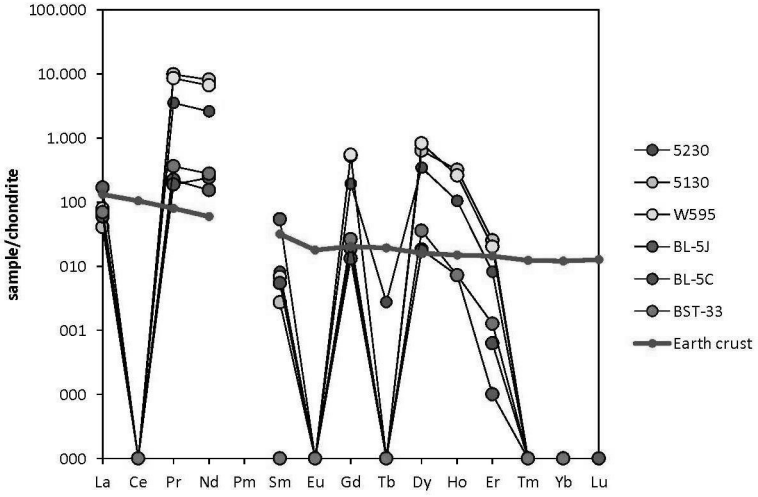


Abbildung 6. Seltene Erden Verteilung in der kontinentalen Erdkruste (rote Linie), in Mobiltelefonen (5230, 5130, W595) und deren Lithium-Ionen-Batterien (BL-5J, BL-5C, BST-33). Alle Werte sind normalisiert zur Zusammensetzung von Chondriten, welche die durchschnittliche Zusammensetzung des Universums repräsentieren. Quelle: Müller (2013).

Die Metalle, die sich während Schmelzaufbereitung an die „bezahlenden Metalle“ aufgrund thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten binden, sind Te, Se und Bi sowie die Platingruppenmetalle Ru, Rh, Pd, Os, Ir und Pt (Hagelüken 2014). Relativ begrenzte Zusatzkosten entstehen bei die Extrahierung der unedlen Metalle Pb, Ni, Sn, Sb, (In, As), die jedoch zusätzliche Trennungs- und

Veredelungsprozesse verlangt. Hohe Zusatzkosten verursacht die Wiedergewinnung der Metalle Ta, Ga, REE, W, sowie eines Teil des In, die in die Schlacke eingehen. Dies erfordert eigene Schmelz-, Extrahierung- und Anreicherungsprozesse, die momentan nicht ökonomisch sind.

Der Vorreiter der metallurgischen Wiedergewinnung von Metallen aus elektronischen Abfall in Europa ist die belgische Firma Umicore (Umicore 2014). Umicores Schmelzwerk-Raffinerie in Hoboken in Antwerpen hat die Kapazität, 350.000 Tonnen elektronischen Abfall pro Jahr zu verarbeiten. Momentan kann die Anlage 17 Metalle (Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Cu, Pb, Ni, Sn, Bi, Se, Te, Sb, As, In) wiedergewinnen unter Anwendung speziell entwickelter metallurgischer Verfahren. Zusätzlich können Co und REE mit Hilfe spezifischer Prozesse aus Altbatterien gewonnen werden. Um die künstlich geschaffenen Metallverbindungen zu trennen, entwickelte Umicore zwei getrennte Verhüttungslinien: Eine für die Anreicherung der Edel- und Übergangsmetalle – die Kupferlinie – und eine für die Anreicherung der unedlen Metalle – die Bleilinie. Dabei werden die Eigenschaften von Cu und Pb ausgenutzt, andere Metalle zu binden. Edelmetalle wie Pd, Pt, Rh, Au und Ag binden sich an Cu. Die Spezialmetalle In, Bi, Se und Te binden sich an Pb.

Der zweite Akteur in Europa ist seit Januar 2012 die schwedische Bergbaufirma Boliden, die elektronischen Abfall mit der sogenannten Kaldo Technologie verwertet (Boliden 2014). Mit Bolidens Schmelzhütten in Rönnskär können 120.000 t elektronischen Abfalls pro Jahr recycelt werden. Die theoretische Recyclingkapazität entspricht 2 Millionen Mobiltelefonen pro Tag. Mit der Kaldo Technologie können jedoch nur Cu, Au und Ag wiedergewonnen werden.

In Asien agiert die japanische Recyclingfirma Dowa Eco-System Co., deren Schmelz- und Raffinerieanlagen in Kosaka in der Lage sind, 17 Metalle aus elektronischem Abfall wiederzugewinnen (Dowa Eco-Systems Co. 2014). Diese Firma entwickelte unter anderem Verfahren zur Wiedergewinnung von In aus LCT-Bildschirmen und Sb aus Siliziumhalbleiterplatten. Verfahren zur Wiedergewinnung von Nd und Dy sind in der Entwicklung. Dowa Eco-System Co. ist somit die Firma mit der weltweit besten Effektivierung der Abfallwirtschaft, die ihre Expertise jetzt auch in Thailand und Südostasien anwendet.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die energie- und gewinnungseffektive Aufbereitung von Mobiltelefonen erst in den Anfängen steckt und

weltweit qualifiziert nur von drei Firmen betrieben wird. Hinzu kommt, dass momentan nur ca. 1 bis 2 % der Altmobiltelefone dem Recyclingsystem zugeführt werden. Das liegt zum einen an der unzureichend oder nicht ausgebauten und nicht-transparenten Einsammlungslogistik und zum anderen am geringen Bewusstsein der Notwendigkeit von Altmobiltelefonrecycling. Vielleicht ist deshalb die Schublade momentan der beste Ort für die Lagerung von Altmobiltelefonen; zumindest solange, bis Einsammlungslogistik und Recyclingverfahren verbessert sein werden. Oder man schickt sein gebrauchtes Mobiltelefon direkt zu den Recyclinganlagen in Belgien oder Japan.

Danksagung

Der Autor dankt Jörg Matschullat und Bernd Müller für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Die Studie wurde finanziell unterstützt durch das EURARE Projekt der Europäischen Kommission „Entwicklung einer nachhaltigen Nutzung europäischer Seltene Erden Lagerstätten“ (http://www.eurare.eu).

Hinweis: Die farbigen Versionen der Abbildungen können der Präsentation zum Vortrag entnommen werden:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/12-Mueller.pdf

Literaturverzeichnis

Achtnich T. (2012). Die Story im Ersten: Sklavenarbeit für unseren Fortschritt. ARD/SWR Filmdokumentation. Unter: < http://www.youtube.com/watch?v=NhY_WgQyhog> [Stand: 06.05.2014]

Bock C. (2012). Afrikas giftigste Müllhalde - Der Handel mit Elektroschrott in Ghana. Unter: <http://www.3sat.de/page/?source=/scobel/160141/index.html> [Stand: 06.05. 2014].

Boliden (2014). Recycling of electronic scrap. <http://www.boliden.com/Operations/Smelters/E-scrap-project/> [Stand 13.05.2014].

Cui J., Zhang L. (2008). Metallurgical Recovery of Metals from Electronic Waste: A review. Journal of Hazardous Materials, 158: 228-256.

Dowa Eco-Systems Co. (2014). Dowa Eco-Systems - environmental management and recycling business. <http://www.dowa-eco.co.jp/en/recycle.html> [Stand 13.05.2014].

Gartner Inc. (2014). Gartner Says Annual Smartphone Sales Surpassed Sales of Feature Phones for the First Time in 2013. Unter: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2665715> [Stand 10.05.2014].

Hagelüken C. (2014). Exploiting our urban mine in electronic products – a good opportunity and a complex challenge. Tagungspräsentation NGU Dagen, Trondheim, 2. Februar 2014. Unter: <http://www.ngu.no/upload/Arrangement/ngudagen2014/hageluken.pdf> [Stand 10.03.2014].

Kausch P., Bertau M., Gutzmer J., Matschullat J. (Hrsg.)(2014) Strategische Rohstoffe – Risikovorsorge. Springer Spektrum, Heidelberg, 281 S.

Müller A. (2013). The chemistry of the mobile phones Nokia Nuron 5230, Nokia 5130 and Sony Ericsson W595. NGU Rapport 2013.026.

Ottesen R.T. (2013). Verbotenes Umweltgift in Mobiltelefonen. <http://www.ngu.no/no/Aktuelt/2013/Forbudt-miljogift-i-mobiltelefoner/> [Stand 13.05.2014]. (in Norwegisch)

Rudnick R.L., Gao S. (2005). Composition of the continental crust. In: Holland H.D., Turekian K.K. (Editoren) Treatise on Geochemistry – The crust. S. 1-56.

Selfrag (2014). Selfrag – High voltage pulse power fragmentation. Unter: <www.selfrag.com> [Stand 10.05.2014]

Umicore (2014). Excellence in recycling. <http://www.preciousmetals.umicore.com/PMR/> [Stand 13.05.2014].

USGS (2014). Commodity statistics and information. Unter: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/> [Stand 10.05.2014].

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 97–101*

Werner Stackebrandt und Dietrich Franke

Eine neue Geologie von Brandenburg: Idee – Konzept – Realisierung

Nicht gesichertes und nicht vermehrtes Wissen geht verloren. Das betrifft auch die Kenntnis zur Geologie von Brandenburg. Ein Grund für uns, hierzu aktiv zu werden. Zusammenfassende Darstellungen zur Landesgeologie sind rar bzw. finden sich verstreut, z.B. in den von Johannes Schroeder herausgegebenen *Exkursionsführern zur Geologie von Berlin und Brandenburg*, oder in überregionalen Werken, wie der *Geology of Central Europe* (McCann, 2008) bzw. der im gleichen Jahr beim Springer-Verlag erschienenen *Dynamics of complex intracontinental basins - the Central European Basin System* (Littke et al.). Andere zusammenfassende Darstellungen zur Landesgeologie von Brandenburg (z.B. Atlas zur Geologie von Brandenburg, Stackebrandt & Manhenke, 4. Aufl. 2010) wenden sich eher an die interessierte Öffentlichkeit bzw. sind nur im Web zugänglich, wie die *Regionale Geologie von Ostdeutschland* (Franke, 2014).

Die in Vorbereitung befindliche *Geologie von Brandenburg* komplettiert eine lose Folge von Büchern zur Geologie einzelner Geologien deutscher Länder, die in den letzten Jahren beim Verlag Schweizerbart erschienen. Allerdings publizierte der Geschiebeforscher Kurt Hucke bereits 1922 die bisher einzige Landesdarstellung für Brandenburg. Schwerpunktthemen darin bildeten das Tertiär und das Quartär (Diluvium, Alluvium). Kenntnisstandsbedingt waren Aussagen zum Tiefenbau rar und weitgehend auf Spekulationen angewiesen.

In den seither mehr als 90 Jahren lieferten zahlreiche staatliche und private Untersuchungsprogramme wesentliche neue Kenntnisse, die nicht nur den detaillierten geologischen Schichtenaufbau, sondern auch zielgerichtet auf die Bewertung des Geopotenzials (Rohstoffe, Ressourcen) orientierten. Die ‚neue' Geologie von Brandenburg soll diesen wesentlich erweiterten Kenntnisstand zusammenfassend darstellen, die geologische Entwicklung Brandenburgs in die regionale Geologie Mitteleuropas integrieren und die

geologischen und tektonischen Auswirkungen aus den unterschiedlichen Beanspruchungsetappen aufzeigen. Auch dem brandenburgischen Geopotenzial wird breiter Raum gegeben, jedoch beschränkt sich die Beschreibung nicht nur auf die Erläuterung der nutzbaren Ressourcen, sondern wir ziehen auch das ungünstige Geopotenzial und die Bewertung der Georisiken in die Beschreibung mit ein.

Die Geologie von Brandenburg beinhaltet die folgenden Hauptkapitel:

1. Geologisch-geomorphologischer Überblick
2. Stratigraphie
3. Regionalgeologische Entwicklung (in vier Teiletappen, von der spätproterozoisch-frühpaläozoischen bis zur känozoischen Entwicklungsetappe, einschließlich der geophysikalischen Landesuntersuchung und geochemischer Befunde)
4. Strukturgeologische Entwicklung (ebenfalls differenziert in die zeitlich wechselnden Beanspruchungsszenarien einschließlich zur Neotektonik)
5. Geopotenziale, Georessourcen
6. Bodengeologie
7. Georisiken
8. Landschaft im Wandel

und Anlagen.

Neben dem erdgeschichtlichen Hauptinhalt stehen also auch Fragen der Bedeutung neuartiger Potenziale für die Landesentwicklung, der Risikobewertung, der agrarischen Landnutzung und weitere Themen im Fokus.

Das mit ca. 500 Seiten Umfang geplante Buch ist ein Gemeinschaftswerk vieler Autoren. Diese stellen eine gute Mischung aus Erfahrungsträgern und jüngeren Fachkollegen aus vorrangig in Brandenburg und Berlin tätigen Institutionen aus den Geologischen Diensten von Brandenburg LGRB/LBGR, Sachsen und Niedersachsen, dem GeoForschungsZentrum Potsdam, dem (ehem.) Zentralen Geologischen Dienst Berlin (ZGI) und Folgeeinrichtungen, aus Hochschulen mit Forschungsaktivitäten in Brandenburg, wie der Freien Universität Berlin, der TU Bergakademie Freiberg und der Universität Jena sowie aus geologischen Fachbüros aus Brandenburg und Sachsen dar.

Dank des weitgefächerten Autorenspektrums wird die Komplexität der Geowissenschaften insgesamt abgedeckt. Neben der regionalen Einbettung Brandenburgs in die Geologie Mitteleuropas steht auch die vertikale Verknüpfung der unterschiedlichen geologischen und tektonischen Stockwerke im Fokus. Besonders eindeutig ist diese Beziehung in den mehrfach aktivierten rsp. reaktivierten regionalen Störungszonen, die traditionell als Posthumi-

tät bezeichnet werden. Sie existiert aber auch im dynamischen Verhalten der einzelnen regionalgeologischen Regionen Brandenburgs, die hinsichtlich thermotektonischer, isostatischer oder anderer Beziehungen über Stockwerksgrenzen hinweg Beziehungen aufweisen.

Wie nicht anders zu erwarten, bilden die Abschnitte zum Quartär, zum Tertiär, zur Strukturentwicklung des Norddeutschen Beckens und zum Geopotenzial Brandenburgs die Schwerpunktthemen des Buches, allerdings unter Berücksichtigung des angewandt-geologischen Aspekts, wie zu den Ressourcen und den Georisiken.

Die Geologie von Brandenburg erhebt nicht den Anspruch, ländergrenzenüberschreitend gleichwertig die Geologie Berlins darzustellen. Hierzu gibt es andere Informationsmöglichkeiten, wie das Web-Angebot der Landesgeologie Berlin in der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

Der Bearbeitungsstand der Geologie von Brandenburg ist sehr zeitabhängig. Im April 2014 liegen von wesentlichen Kapiteln Autorenentwürfe vor, die aktuell nach Sichtung durch die Herausgeber weiter qualifiziert werden.

Hinweis: Die farbigen Versionen der Abbildungen können der Präsentation zum Vortrag entnommen werden: http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/Stackebrandt-erw.-Kurzfassung-1.pdf

Literatur

Franke, D. (2014). Regionale Geologie von Ostdeutschland – Ein Wörterbuch. – Website www.regionalgeologie-ost.de

Hucke, K. (1922). Geologie von Brandenburg. F. Enke, Stuttgart, 352 Seiten

Littke, R.; Bayer, U.; Gajewski, D. & S. Nelskamp (Eds.) (2008). Dynamics of Complex Intracontinental Basins - The Central European Basin System. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 519 Seiten

McCann, T. (ed.) (2008). The Geology of Central Europe. Volume I: Precambrian and Palaeozoic, Volume II: Mesozoic and Cenozoic. – London – The Geological Society, 1449 S.

Schroeder, J.H. (hrsg.) (seit 1992). Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 1-10, Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V.

Stackebrandt, W. & V. Manhenke (2010). Atlas zur Geologie von Brandenburg. – Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Cottbus, 157 Seiten

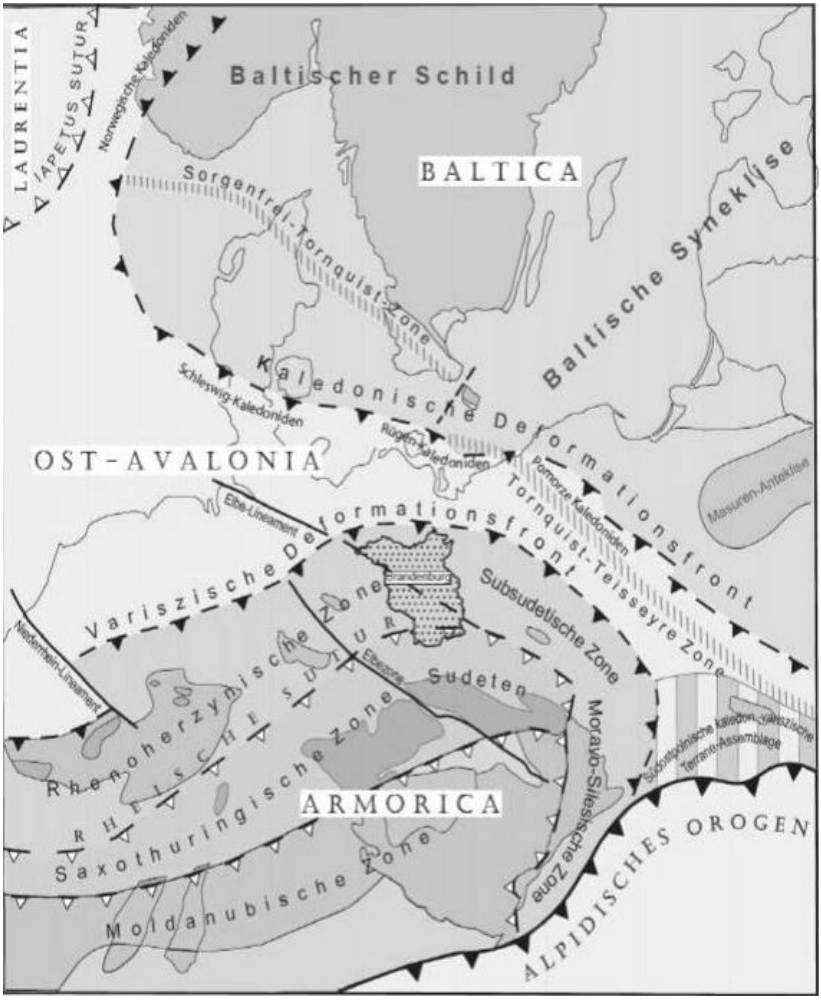


Abb. 1: Die Tiefengeologie Brandenburg im mitteleuropäischen Kontext

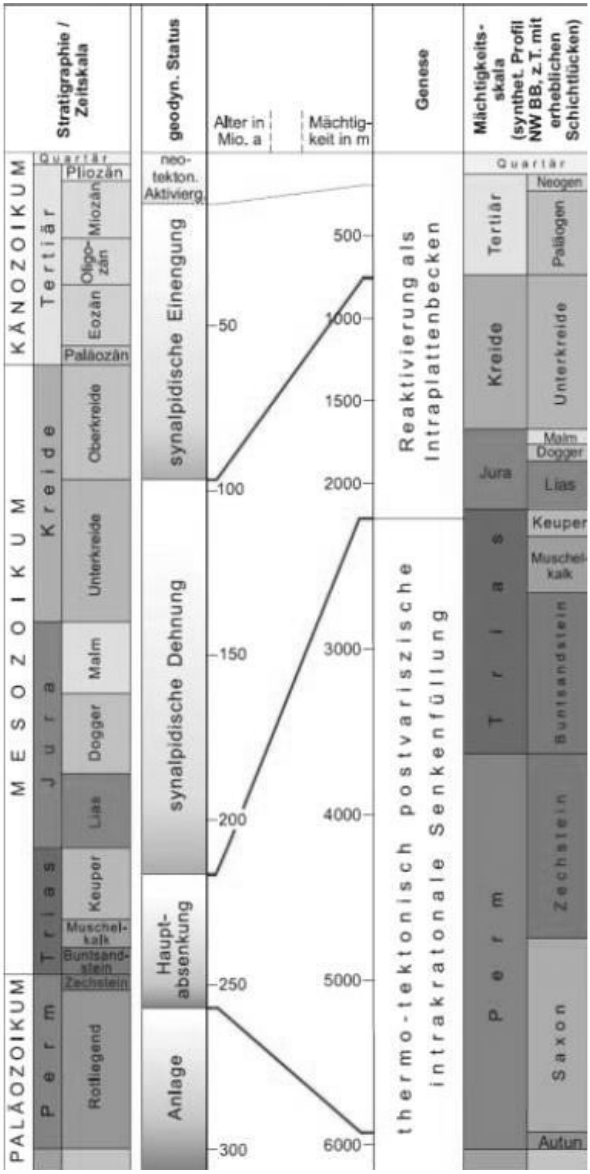


Abb. 2: Die strukturgeologische Entwicklung des Norddeutschen Beckens in Relation zur Zeit und zur stofflichen Füllung (Mächtigkeit) im Nordwesten Brandenburgs

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 103–131*

Peter Knoll, MLS:

Induzierte Seismizität in Mitteleuropa – Gibt es Möglichkeiten für Prognose und Beherrschung?

1. Einleitung – Problemstellung

Induzierte Seismizität entsteht direkt im Ergebnis einer technischen Einwirkung des Menschen auf die obersten Schichten der Erdkruste. Dadurch kann unter bestimmten Bedingungen der natürliche Stabilitätszustand gestört und die darüber liegende Erdoberfläche erschüttert werden. Die Induzierte Seismizität ist somit von besonderem Interesse, wenn wir uns im heutigen Kolloquium mit dem Thema „Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften“ beschäftigen.

Sicher ist die Induzierte Seismizität kein *erstrangiges* Problem bei der Bewertung der Auswirkungen menschlicher Tätigkeit auf die Sicherheit an der Erdoberfläche; sie ist aber auch keine zu vernachlässigende Randerscheinung. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, dass sie in jüngster Zeit auch in der nationalen Forschung die Rolle einzunehmen beginnt, die ihr zukommt.

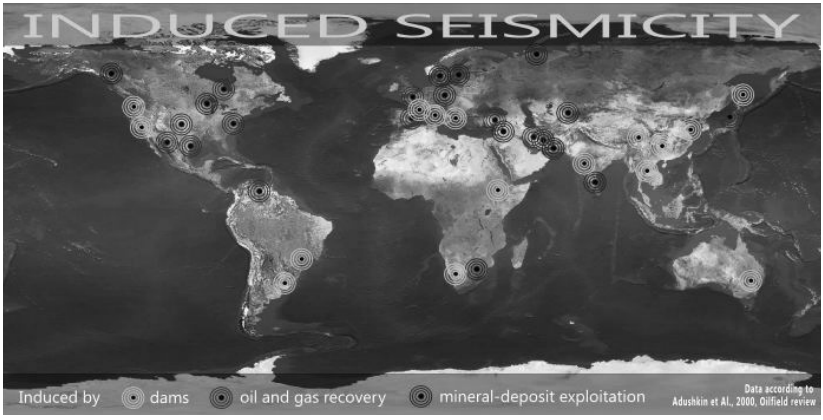


Abbildung 1: Überblick über große induzierte seismische Ereignisse weltweit (nach: Adushkin et al., 2000),

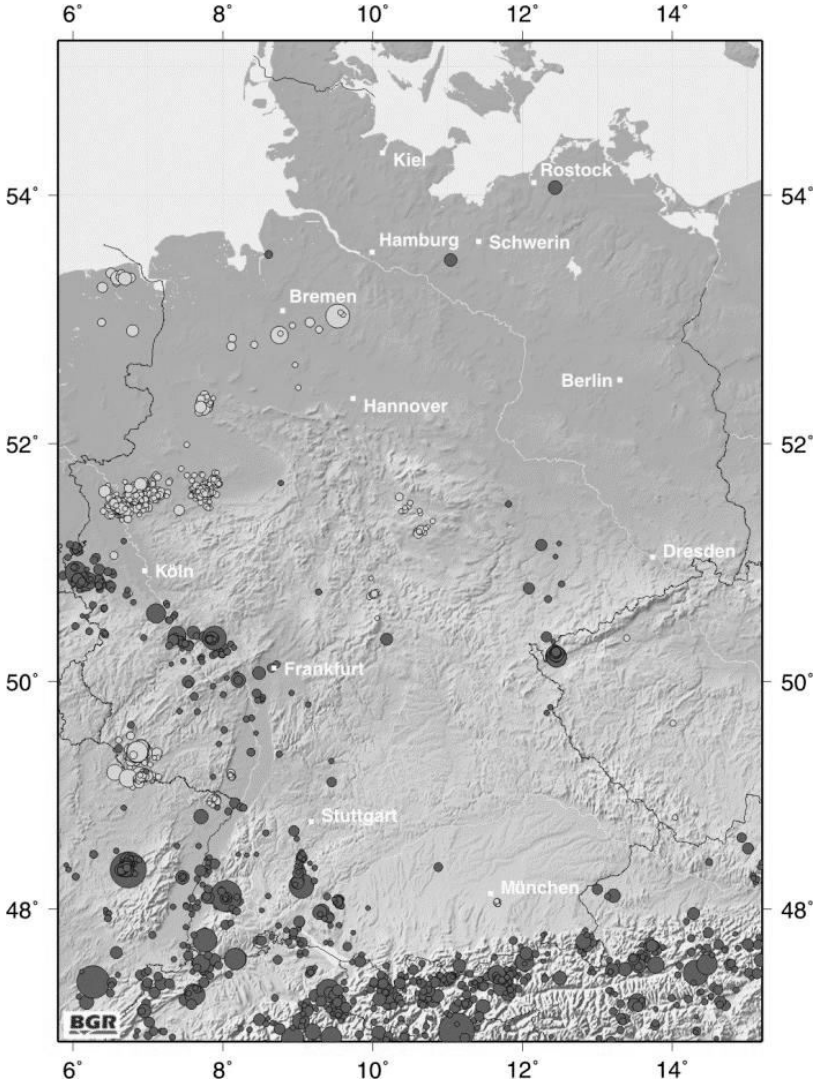


Abbildung 2: Seismizität in Deutschland seit 1968; rot: tektonische Beben, gelb: vermutlich induzierte Beben. Quelle: U. Wegler (2013) nach BGR-Erdbebenkatalog)

Zunächst soll der Versuch einer Definition unternommen werden:

Bei der Induzierten Seismizität handelt es sich um das Entstehen energieschwacher bis mittlerer seismischer Ereignisse, hervorgerufen durch lokale spröde Bruchvorgänge an geomechanischen Schwächezonen in der obersten Erdkruste und ausgelöst von anthropogenen Aktivitäten.

Solche Aktivitäten sind: Bergbau, Gas- und Ölförderung (konventionell und unkonventionell, letzteres verbunden mit dem sogenannten *Fracking*), Anlegen von Staudämmen und Stauseen, Injektionen und Extraktionen von Flüssigkeiten und Gasen in den bzw. aus dem Untergrund, unterirdische Speicherung von Fluiden, u.a. CO_2 usw. (Abbildung 1).

In Abbildung 2 soll an Hand der Seismizitätskarte Deutschlands ein Eindruck vermittelt werden, dass das Phänomen Induzierte Seismizität durchaus auch für das „tektonisch und seismisch ruhige" Deutschland ein zu beachtendes Problem darstellt, zumal bei der sehr intensiven Nutzung der Erdoberfläche in Deutschland die Sensibilität der Öffentlichkeit gegenüber induzierten Erschütterungen erheblich ist.

Die volkswirtschaftliche und sicherheitliche Dimension in Mitteleuropa wird besonders deutlich, wenn man sich die Situation in Norddeutschland (Abbildung 3a) und speziell die im angrenzenden Erdgasfeld Groningen (Niederlande) vor Augen führt (Abbildung 3b):

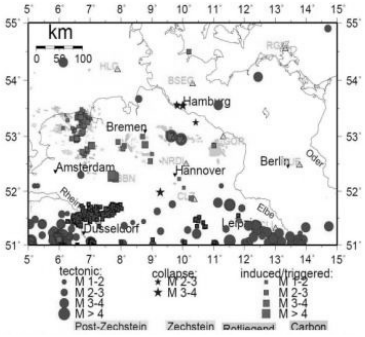


Abbildung 3a

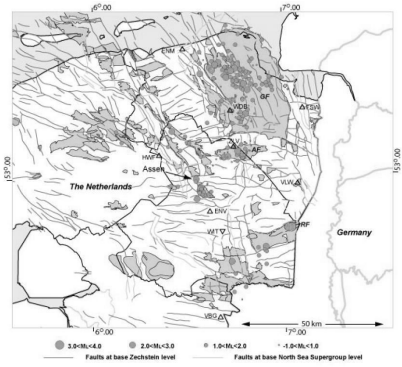


Abbildung 3b

Abbildungen 3a und 3b: Abb. 3a: Übersicht über Erdbeben in Norddeutschland (Dahm, 2006) und Abb. 3b: induzierte seismische Ereignisse bei der Erdgasgewinnung im Raum Groningen (van Eck et al., 2006) mit Bezug zu den tektonischen Elementen im Bereich der Förderfelder

Auch diese Erscheinungen werden in der Öffentlichkeit zunehmend kritisch aufgenommen. In Ruhr-Nachrichten.de vom 03.07.2013 wird dazu z.B. ausgeführt: *„Ein Erdbeben der Stärke 3,0 hat den Norden der Niederlande zwi-*

schen Groningen und Delfzijl erschüttert. Auslöser des Erdstoßes in der Nacht zum Mittwoch sei die Erdgasgewinnung in der Region, teilte das Energieunternehmen NAM mit". Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für die Auswirkungen an den Wohngebäuden im Gebiet.

Abbildung 4: Ruhr-Nachrichten (2013): Bereits im Februar gab es in Groningen zwei Erdbeben der Stärken 2,7 und 3,2 auf der Richter-Skala. Foto: dpa

Aus den Beobachtungen der induzierten seismischen Ereignisse geht hervor, dass sie nicht primär und schon gar nicht ausschließlich in traditionellen Erdbebengebieten auftreten. Sie sind – s. Mitteleuropa – durchaus auch dort zu beobachten, wo klassische Erdbeben selten sind oder auch gar nicht auftreten (Abbildung 2).

Daraus entsteht unmittelbar die Frage nach der tatsächlichen Ursache, d.h. nach charakteristischen *gemeinsamen und trennenden* Merkmalen und Ursachenfaktoren der Erscheinungen „tektonische" und „induzierte" Erdbeben aber auch nach den Besonderheiten, die geeignet sind die Erscheinungen zu erklären und die vor allem geeignet sind, die Entstehungsbedingungen dieser beiden Erscheinungen zu unterscheiden.

Die volkswirtschaftliche Komponente der Entstehung induzierter seismischer Ereignisse wird sofort klar, wenn man sich ihre Auslösung vor Augen führt: sie sind verbunden mit technische Aktivitäten, die in die obersten Berei-

che der festen Erdkruste hineinwirken und das sind gerade jene Aktivitäten, die mit der Sicherung der Energie- und Rohstoffbasis, der Energieerzeugung sowie -speicherung sowie dem unterirdischen Hohlraumbau zusammenhängen und die eine große Umweltrelevanz haben.

Zur Unterstreichung dieser Aussage sollen einige dieser Prozesse mit Blick auf Mitteleuropa genannt werden:

- *Bergbau:* Steinkohlenbergbau, Kalibergbau, Kupferbergbau (derzeit vor allem in Westpolen), Braunkohlentagebau (Ahorner & Schaefer, 2002) u.a.,
- *Tunnel- und Speicherbau:* z.B. Alpen-Basistunnel (Kissling &Rehbock-Sander, 2007),
- *Erdgasgewinnung:* Feld Groningen, Felder in Norddeutschland und in der Nordsee,
- *Unterirdische Speicherung:* Abfallflüssigkeiten, Feste Abfälle in Hohlräumen, unterirdische CO_2-Speicherung,
- *Injektionen in die und Extraktionen aus der oberste Erdkruste:* Tiefe Geothermie, unkonventionelle Erdgasgewinnung/Fracking (De Pater & Baisch, 2011), Verpressen von Abfallflüssigkeiten,

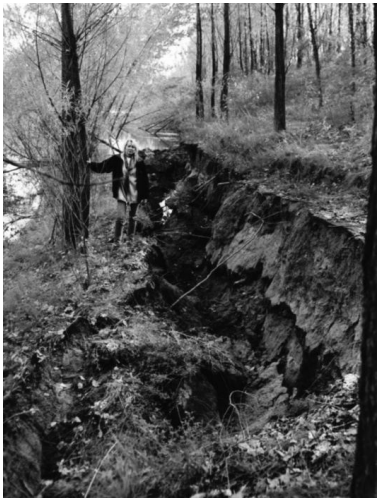


Abbildung 5a

Abbildung 5b

Abbildungen 5a und 5b: Schäden an der Erdoberfläche nach dem bergbauinduzierten seismischen Ereignis vom 11.09.1996 im Bereich des Versatzbergwerkes Grube Teutschenthal (Pappelgrund); Bilder: ERCOSPLAN, 1996

- *Anlegen von Staudämmen und Stauseen,* große Massenverlagerungen an der Erdoberfläche,
- *Energiereiche Sprengungen* (bis hin zu unterirdischen Kernsprengungen), letzteres außerhalb von Mitteleuropa.

Beispiele für eine Beeinträchtigung der Sicherheit an der Erdoberfläche und damit im öffentlichen Raum, die für erhebliche Unruhe in der Bevölkerung sorgten zeigen die Abbildungen 5a und 5b sowie 6a und 6b.

Abbildung 6a

Abbildung 6b

Abbildungen 6a und 6b: Schäden an der St. Blasius Kirche in Saarwellingen nach dem bergbau-induzierten seismischen Ereignis vom 23.02.2008, links: Ausbruch an der Giebelspitze; rechts: Bauwerkstrümmer auf der Eingangstreppe
(Bilder: http://www.saarwellingen.de/archivos/index.php?id=452)

Die Bilder machen verständlich, dass mit diesen Begleiterscheinungen der anthropogenen Aktivitäten keine Akzeptanz der in vielen Fällen volkswirtschaftlich wichtigen Vorhaben bei der betroffenen Bevölkerung erreichbar ist. Im Fall von Abbildung 6 ging es z.B. um den an sich hocheffektiven Steinkohlenabbau im Feld Primsmulde des Bergwerkes Saar, der Deutschen Steinkohle GmbH.

Diese Aussage gilt uneingeschränkt auch für andere neue Technologien, die in das natürliche Gleichgewicht in der obersten Lithosphäre eingreifen, wie z.B. unterirdische CO_2-Speicherung und unkonventionelle Gasgewinnung mittels Frac-Technologie sowie für einige Formen der geothermischen Energiegewinnung.

Bei letzteren sei noch einmal an das Vorhaben „Deep Heat Mining Projekt“ in Basel“ erinnert, das viele Millionen an Investitionen verschlungen und eine Vielzahl zunächst kleinerer seismischer Ereignisse hervorgerufen hat und letztendlich nach dem induzierten Beben der Magnitude $M_L = 3.4$ vom 8. Dezember 2006 in etwa 5 km Tiefe unmittelbar unterhalb der Stadt Basel abgebrochen werden musste (Abschlussbericht über die Risikoanalyse, 2010). Aus gebirgsmechanischer Sicht kann der Verlauf dieser Maßnahmen durchaus nicht als unerwartet gelten. Man hätte den bereits vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnisstand zum Problem „Induzierte Seismizität“ vorher in angemessener Weise geomechanisch, geologisch und seismologisch verarbeiten und nicht nur auf der Basis rein geothermischer Gegebenheiten am Standort planen sollen.

Mit diesen Beispielen wird die Frage nach dem physikalischen (gebirgsmechanischen) Mechanismus solcher induzierten seismischen Ereignisse und nach den Möglichkeiten der Prognose und Beherrschung von neuem dezidiert gestellt und ihre befriedigende Beantwortung erfordert eine interdisziplinäre wissenschaftliche Bearbeitung.

2. Qualitative Überlegungen zum Mechanismus der induzierten Seismizität

Wie natürliche tektonische Erdbeben in geringer Tiefe auch, ist ein Ereignis der induzierten Seismizität zunächst ein Bruchvorgang in der festen Erdkruste und damit ein gebirgsmechanischer Vorgang. Er stellt sich dar als ein Festigkeitsversagen (in der Regel Scherversagen) entlang einer Schwächefläche in der Erdkruste, die durch eine bestimmte Art von tektonischen Störungen gebildet wird. Das Versagen ist das Resultat des Erreichens des mechanischen Grenzzustandes in einem Gebirgsbereich, in dem die wirksamen Gebirgsspannungen das lokale Vermögen des betreffenden Gebirgsbereiches, Spannungen bruchfrei aufnehmen zu können, erreichen bzw. übersteigen.

Das Lastaufnahmevermögen eines Gebirgsbereiches – hier eines Abschnittes einer tektonischen Störungszone – hängt ab von den Faktoren:

- Betrag der Spannungen im betreffenden Gebirgsbereich,
- Orientierung der Störungszone zu den Richtungen der Haupt-Komponenten des Gebirgsspannungszustandes (Abbildung 8 und Abbildung 7c),
- Habitus der Störungszone selbst (Durchtrennungsgrad, Rauigkeit, Füllung) s. Abbildungen 7a und 7b).
- Belastungsregime („Steifigkeit“ des Belastungssystems) (vgl. Abbildung 7b).

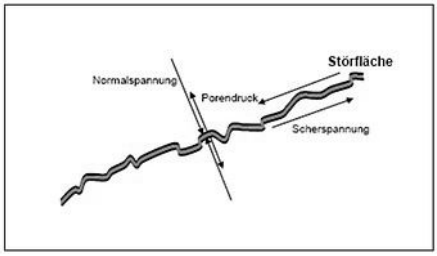


Abbildung 7a

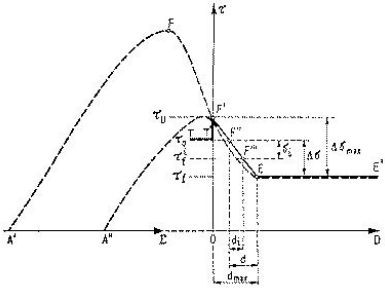


Abbildung 7b

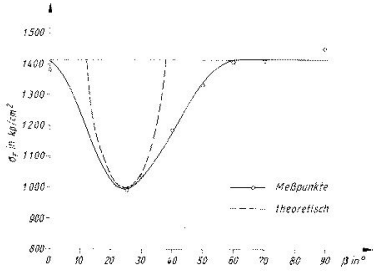


Abbildung 7c

Abbildungen 7a, 7b und 7c:
7a: Schema einer tektonischen Störungsfläche, die eine gebirgsmechanische Schwächefläche darstellt, nach GtV (2014);
7b: schematische Verformungskurve eines Gesteinselementes mit Schwächefläche (Knoll, 1987)
7c: Festigkeit auf einer Trennfläche in einem Gesteinsprobe in Abhängigkeit vom Winkel β zwischen der Ebene der Trennfläche und der Richtig der angreifenden Kraft (Knoll, 1971).

Die Mehrzahl dieser Angaben liegt insbesondere für bergbauinduzierte seismische Ereignisse in der Regel zumindest näherungsweise vor; sie können durch Rückrechnung aus vergangenen induzierten seismischen Ereignissen mit Hilfe eines gebirgsmechanischen Modells weiter präzisiert werden.

Von besonderer Bedeutung ist der Faktor „Habitus der betroffenen tektonischen Schwächefläche“. Aus zahlreichen Untersuchungen bergbauinduzierter seismischer Ereignisse ist bekannt, dass tektonische Störungen unterschiedliche „Schwächungen“ des Gebirgsverbandes bewirken (Knoll, 1978). Wenn es sich um Zonen handelt, die im Verlaufe ihrer Tektogenese lange Verschiebungswege erfahren haben und deshalb einen hohen Durchtrennungsgrad und geringe Rauigkeit aufweisen, die mit Gesteinszerreibseln (mylonitisiertes Gestein) oder mit weichen bzw. plastischen Materialien gefüllt sind, dann folgen sie bei Deformation eher einer Deformationskurve, die

schematisch durch den Deformationsverlauf A‘‘- E – E‘ in Abbildung 7b angedeutet ist (der Kurvenzug selbst ist in der Abbildung nicht explizit eingezeichnet) . Nach Erreichen der Belastungsgrenze E (Abbildung 7b) entsteht dann ein Schervorgang ohne Energiefreisetzung (nach E‘), da sich Beanspruchung und Lastaufnahmevermögen immer praktisch im Gleichgewicht befinden. Die gespeicherte tektonische Energie wird in Deformationsarbeit umgesetzt und verbraucht. Diese tektonischen Störungen werden als „ausgeprägte Schwächeflächen“ (Knoll, 1978) bezeichnet.

Wenn es sich jedoch um Störungen handelt, die einen geringen Durchtrennungsgrad haben, die absätzig verlaufen oder mit spröden Gangfüllungen ausgefüllt sind (angedeutet in Abbildung 7a), dann ist die Schwächung des Gebirgsverbandes zunächst nicht wirksam, das Lastaufnahmevermögen der Schwächefläche wächst mit zunehmender Deformation bis zum Punkt F‘ an und seine Deformationskurve folgt eher dem schematischen Verlauf, der durch den Kurvenzug A‘‘ – F‘- E – E‘ im Bild 7b skizziert ist. Nach Erreichen des maximalen Lastaufnahmevermögens im Punkt F‘ (z.B. durch Überlagerung des präexistenten tektonischen Grundspannungszustandes und eine zusätzliche – evtl. kleine – anthropogene Beanspruchungserhöhung), fällt das Lastaufnahmevermögen des Gesteinsvolumens rasch über F‘‘- F‘‘‘ nach E stark ab, während die aus dem regionalen Belastungsregime folgende äußere Belastung praktisch konstant beleibt. Es entsteht ein deutliches Defizit zwischen der äußeren Belastung (Energiezufuhr aus dem tektonischen Reservoir und der zusätzlich zugeführten anthropogenen Energie) und dem Lastaufnahmevermögen des Gesteinsvolumens, das mit zunehmender Deformation bis zum Erreichen des Niveaus E – E‘ weiter anwächst. Das Ergebnis ist ein Energieüberschuss, der in Form seismischer Energie in die Umgebung abgestrahlt wird. Diese Art tektonischer Störungen wurde bisher als „potentielle Schwächeflächen“ bezeichnet (Knoll, 1978).

Für die Klassifizierung der Mechanismen induzierter seismischer Ereignisse ist es entscheidend, ob die zugeführte anthropogene Energie, zusammen mit der gespeicherten tektonischen Energie ausreichend ist, einen Belastungszustand herbeizuführen, der den Grenzzustand auf einer tektonischen Störung, die geomechanisch eine potentielle Schwächefläche ist, erreicht. In diesem Falle entsteht ein starkes induziertes seismisches Ereignis, dessen Energie vorwiegend aus der gespeicherten tektonischen Energie gespeist wird. Wenn die anthropogene Energiezufuhr nur ausreicht, um lokal einen Gesteinsbruch kleineren Volumens zu erzeugen (Konturbrüche an unterirdischen Hohlräumen, kleinere Fracrisse in einer Bohrlochumgebung), der nicht ausreicht eine

potentielle Schwächefläche zu aktivieren, kann – je nach Gesteinseigenschaft im unmittelbaren Einflussbereich – ein lokaler Bruchvorgang entstehen, bei

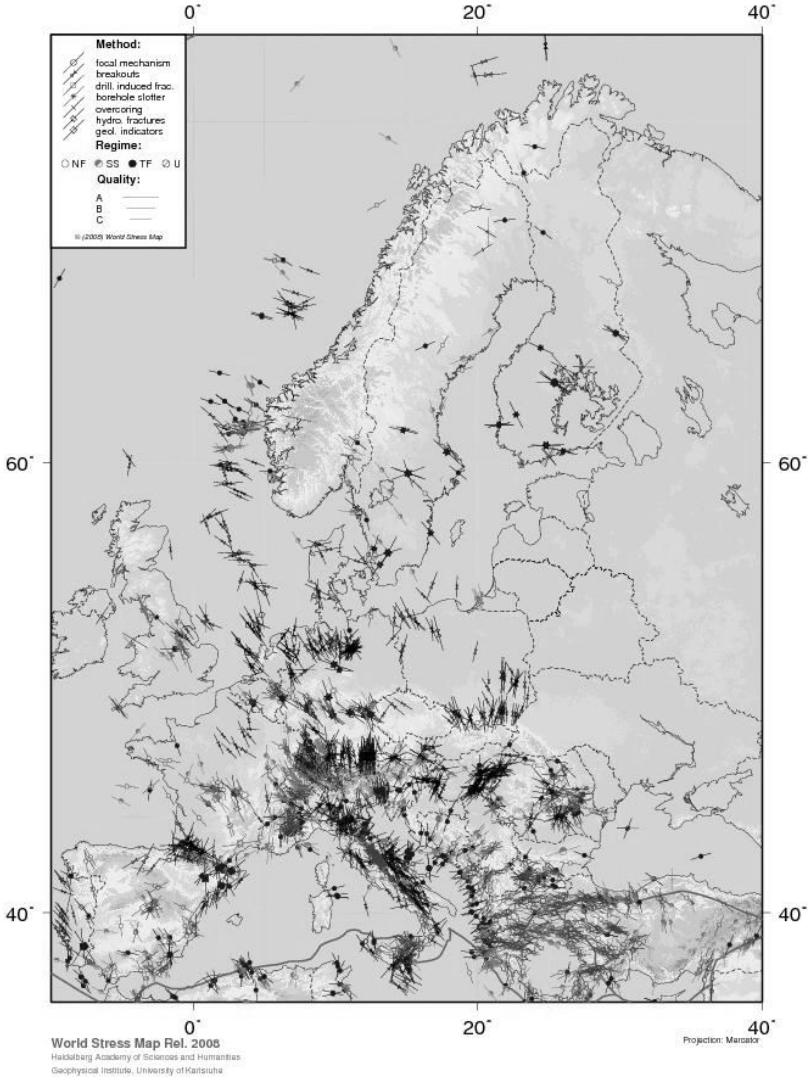


Abbildung 8: Spannungskarte Europa (aus: World Stress Map, 2013), dargestellt sind die Richtungen der maximalen horizontalen Spannungskomponenten in Europa

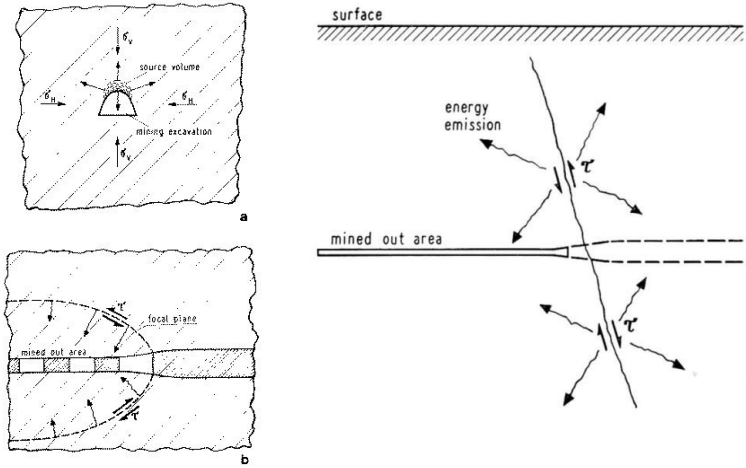


Abbildung 9: Skizzen links oben(a): Gebirgsschlag Typ 1a; links unten (b): Gebirgsschlag Typ 1b; beide ohne Beteiligung tektonischer Elemente rechts: Gebirgsschlag Typ 2; mit wesentlicher Beteiligung tektonischer Elemente in der Umgebung des Ortes der anthropogenen Einwirkung (Knoll, 1987).

dem u.U. ebenfalls seismische Energie abgestrahlt werden kann. Diese seismische Energie ist jedoch vergleichsweise gering, weil sie sich nur aus der im versagenden Gesteinselement gespeicherten Energie speist und in der Nähe befindliche tektonische Störungen nicht aktiviert.

Für bergbauinduzierte seismische Ereignisse wurde dieser Vorgang zuerst beschrieben mit der Einführung der Begriffe „Bergbaulicher Gebirgsschlag (Gebirgsschlag Typ 1)“ – schematisch in Abbildung 9, links verdeutlicht) und tektonischer Gebirgsschlag (Gebirgsschlag Typ 2) – schematisch in Abbildung 9, rechts verdeutlicht; s. Knoll, 1980 und 1987. In den Dokumenten der Arbeitsgruppe „Induzierte Seismizität“ wird diesem Sachverhalt inzwischen ebenfalls Rechnung getragen und etwas unscharf von *getriggerten Erdbeben* – diese würden dem Typ 1 entsprechen – und *induzierten Erdbeben,* die offensichtlich mit dem Typ 2 vergleichbar sind, gesprochen (Dahm u.a., 2013).

Die oben dargelegte Klassifizierung legt aber nahe, dass eine zuverlässige Diskriminierung der induzierten seismischen Ereignisse (Typ 2) einerseits und der natürlichen tektonischen Erdbeben andererseits aber allein mit seismischen Methoden kaum zu erreichen zumindest aber sehr schwierig sein wird. Ein induziertes Beben des Typs 2 (bei dem die tektonische Komponente

bei der Energieabstrahlung im Prozess des Versagens potentieller Schwächeflächen dominiert) und ein natürliches tektonisches Erdbeben, das allein in der Freisetzung tektonischer Energie durch Versagen des gleichen Störungstyps (potentielle Schwächeflächen) besteht, werden – nach Meinung des Autors – nur geringe Unterschiede im Seismogramm erzeugen, die zumindest mit den derzeit zur Verfügung stehenden seismologischen Instrumentarien schwer auffindbar sein werden.

Der Typ 1 (getriggertes Erdbeben), der im Wesentlichen ohne Versagen eines Abschnittes einer tektonischen Störungsfläche erfolgt, ist aber wegen seiner begrenzten Energiefreisetzung mit Blick auf die Sicherheit an der Erdoberfläche von geringerem Interesse. Seismologisch sollten Unterschiede im seismischen Moment, im stress-drop und in anderen seismologisch gut bestimmbaren Größen feststellbar sein.

Die verschiedenen gebirgsmechanischen Mechanismen der beiden Ereignistypen machen zudem ihre gemeinsame statistische Bearbeitung ebenfalls problematisch.

Das nachfolgend beschriebene Beispiel bergbauinduzierter Erdbeben soll zeigen, dass einerseits die Unterscheidung induzierter Erdbeben in die beiden o. gen. Typen sinnvoll ist und dass andererseits die Analyse induzierter Erdbeben mit gebirgsmechanischen Instrumentarien eine sinnvolle und notwendige Ergänzung zu deren seismologischer Beschreibungen ist. Auf der Basis der Aufklärung der gebirgsmechanischen Mechanismen der den Ereignisarten zu Grunde liegenden Bruchprozesse, d.h. die Entwicklung entsprechender unterschiedlicher gebirgsmechanischer Modelle, sollten sowohl die Diskriminierung induzierter und natürlicher Beben als auch die Prognose induzierter seismischer Ereignissen an einem Standort anthropogener Aktivitäten deutlich genauer möglich sein.

3. Analyse der bergbauinduzierten seismischen Ereignisse im Saarbergbau bis 2008

3.1 Bergbauliche Situation

Nach zunehmend energiereicheren seismischen Ereignissen im Steinkohlenbergbau des Saarlandes in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts (Hagelstein, 2007) und vor allem zu Beginn des 21. Jahrhunderts (Fritschen, 2010) mussten ab April 2008 alle Abbauarbeiten im hochproduktiven Flöz Primsmulde (Strebe Prims 1 und Prims 2 im Feld Primsmulde-Süd) des damaligen Bergwerkes Saar (BW Saar), die im September 2006 im Streb Prims 1 begannen und später den Streb Prims 2 einbezogen hatten, von einem Tag auf

den anderen eingestellt werden. Am 23.02.2008 war – für die Bergbautreibenden trotz zahlreicher Gutachten unerwartet – ein bergbauinduziertes seismisches Ereignis der Lokalmagnitude $M_L = 4{,}0$ aufgetreten. Das Ereignis hatte erhebliche Schäden an der Erdoberfläche hervorgerufen (z.B. Bauwerkszerstörungen an der Kirche in Saarwellingen; s. Abbildung 6) und nur durch einen glücklichen Umstand keine Personenschäden nach sich gezogen.

Das hohe Potenzial für bergbauinduzierte seismische Ereignisse in diesem Gebiet war grundsätzlich vor Beginn der Abbauarbeiten im Feld Primsmulde bekannt, nachdem vor allem in den Abbaufeldern Dilsburg-Ost und Nordfeld bereits früher induzierte seismische Ereignisse im Magnitudenbereich bis zu etwa $M_L = 3{,}5$ aufgetreten waren (Knoll, 2006, Hagelstein, 2007). Im Ergebnis dieser Geschehnisse lag eine sehr große Zahlt gut dokumentierter seismischer Registrierungen dieser bergbauinduzierten seismischen Ereignisse vor.

In Knoll, 2006 wurde das Potenzial für das Zustandekommen induzierter seismischer Ereignisse im Feld Primsmulde auf Grund der gebirgsmechanischen Gegebenheiten und der Erfahrungen aus dem Feld Dilsburg-Ost vor Abbaubeginn abgeschätzt. Es wird dort u.a. ausgeführt:

„Das Gebirge, insbesondere das Deckgebirge, im Bereich des Abbaufeldes Dilsburg wird von markanten und weit reichenden tektonischen Störungszonen durchzogen, die NW-SE streichen, relativ steil stehen und z.T. erhebliche Versatzbeträge aufweisen (hier bezeichnet als System 1) .... Diese Störungen werden von einem weiteren, weit reichenden Störungssystem (hier bezeichnet als System 2) durchsetzt, das etwa senkrecht zum ersten System, d.h. NE-SW bis NNE-SSW streicht (vgl. Abbildung 10, d.A.). ... Der Zerlegungsgrad des Gebirges durch dieses System ist jedoch im Bereich des Abbaufeldes Dilsburg offensichtlich geringer als beim System 1. Im Bereich des Feldes Primsmulde ist das Störungsmuster grundsätzlich gleich einzuschätzen. Das System 2 ist jedoch mit größerer Häufigkeit anzutreffen, als im Feld Dilsburg.“ (Knoll, 2006: S. 10).

Und weiter: „Es gibt bestimmte, z.B. tektonische Voraussetzungen, die darauf schließen lassen, dass die abgestrahlte seismische Energie der seismischen Ereignisse im Feld Primsmulde-Süd *mindestens* (Unterstreichung: d.A.) die gleiche Größenordnung erreicht, wie jene, die im Feld Dilsburg entstanden sind.“ (Knoll 2006: S.20).

In dieser Einschätzung wird vor allem auf das grundsätzlich unterschiedliche Potenzial verschiedener tektonischer Störungen in Bezug auf die Entstehung induzierter seismischer Ereignisse hingewiesen (s. Knoll et al. 1978 und Abschnitt 2). Dennoch wiesen offizielle Gutachten des Bergbautreibenden, die auf seismologischen Registrierungen vor allem aus dem Feld Dilsburg-

Ost und auf bergschadenkundlichen Analysen im Feld Primsmulde, nicht aber auf gebirgsmechanischen Daten aufbauten, für das Feld Primsmulde-Süd vor dem Abbaubeginn keine Gefährdung durch bergbauinduzierte seismische Ereignisse mit Schadenspotenzial für die Erdoberfläche außerhalb der bergschadenkundlichen Senkungsgrenze aus, so dass der Abbau von der Aufsichtsbehörde genehmigt wurde. Von außerhalb der Senkungsgrenze liegenden, durch bergbauinduzierte Seismizität potenziell gefährdeten Industriebetrieben wurden auf der Basis der Studie Knoll, 2006 jedoch weitere Begutachtungen eingeleitet (s. u.a. Knoll, 2012), deren Ergebnisse und Schlussfolgerungen den nachfolgend dargestellten Schlussfolgerungen zu Grunde liegen (Knoll, 2014).

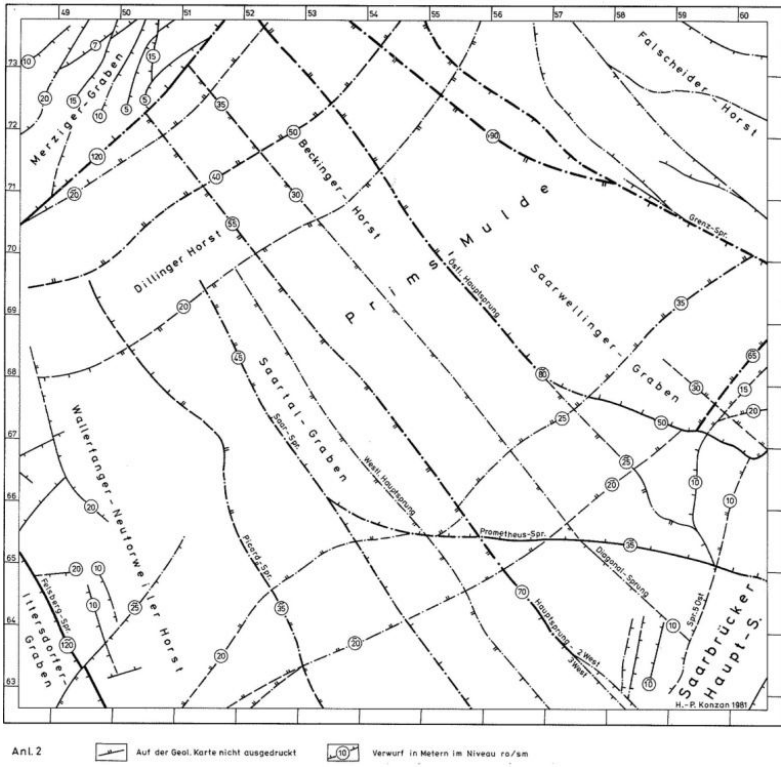


Abbildung 10: Tektonisches Störungsmuster in der Umgebung des Bergwerkes Saar nach den Erläuterungen zur Geologische Karte des Saarlandes GK 25, Blatt Saarlouis, Anlage 2 (Geologische Karte des Saarlandes, 1981).

Die genannten Gutachten für die möglicherweise beeinflussten Industrieunternehmen gingen von den geologisch-tektonischen Verhältnissen im Untersuchungsraum aus und konzentrierten sich vor allem auf die gebirgsmechanischen Bedingungen in der Umgebung der Abbaupositionen im Hinblick auf das gebirgsmechanische Potenzial für Induzierte Seismizität. Dazu gehören neben der tektonischen Struktur des Gebirges in der Umgebung des betrachteten Standortes (Abbildung 10) vor allem der Grundspannungszustand im Gebirge (z.B. World Stress Map 2013, Abbildung 8) und die Festigkeits- und Verformungseigenschaften der Gesteine in den hangenden und liegenden Gebirgsschichten bezogen auf das Steinkohlenflöz (vgl. Hagelstein, 2007).

3.2 Gebirgsmechanische Situation am Standort

In Knoll, 2006 wurde darauf hingewiesen, dass im Untersuchungsraum im Wesentlichen zwei Systeme tektonischer Störungszonen, die Systeme 1 und 2, anzutreffen sind. Die mit „Störungssystem 1“ bezeichneten Störungen können vom gebirgsmechanischen Standpunkt der Kategorie „ausgeprägte Schwächeflächen“ und die zum „Störungssystem 2“ gehörenden Störungen der Kategorie „potentielle Schwächeflächen“ zugeordnet werden (s. Abschnitt 2). Damit ist die Konsequenz verbunden, dass die Verletzung des gebirgsmechanischen Grenzzustandes auf den Störungen des Systems 1 eher nicht zur Freisetzung seismischer Energie führen wird; bei Verletzung des Grenzzustandes auf den Störungen des Systems 2 muss jedoch gemäß dem Schema in Abbildung 7b mit der Entstehung seismischer Erschütterungen infolge Freisetzung gespeicherter tektonischer Deformationsenergie gerechnet werden.

Bei den Analysen konnte auf die umfangreichen Erschütterungsmessungen an der Erdoberfläche im Bereich aller Baufelder, die durch den Bergbaubetreiber veranlasst und im Internet veröffentlicht worden waren, zurückgegriffen werden.

Ob das seismische Potenzial der tektonischen Störungen des Systems 2 tatsächlich zur Quelle induzierter seismischer Ereignisse führt, hängt – wie bereits im Abschnitt 2 ausgeführt - vom Beanspruchungszustand, d.h. davon ab wie nahe die durch den bestehenden Grundspannungszustand bedingte Scherbeanspruchung auf den Schwächeflächen dem mechanischen Grenzzustand kommt. Eine große Bedeutung haben dabei die Richtungsbeziehungen zwischen den Komponenten des Grundspannungszustandes und der Raumorientierung des betrachteten Schwächeflächensystems (Knoll & Kowalle, 2009).

Erste Informationen über den tektonischen Spannungszustand konnten – vor allem bzgl. der hier wichtigen Richtungen der maximalen Horizontalspannungen – aus dem Gebirgsspannungsatlas entnommen werden (s. Abbildung 8); vom Bergbautreibenden wurden diese Spannungsinformationen durch Vor-Ort-Messungen (Frac-Messungen in situ) im Wesentlichen bestätigt (Alber & Fritschen, 2009). Die Verformungseigenschaften der im Hangenden und Liegenden des Kohleflözes anstehenden kompakten Sandsteine konnten nach Untersuchungen der Gutachter des Bergbautreibenden (Alber & Fritschen, 2009) und im Vergleich mit den im Feld Dilsburg-Ost anstehenden Gesteinen (Hagelstein, 2007) als typisch für sprödbruchgefährdete Gesteine eingeordnet werden.

Mit diesen Informationen war es prinzipiell möglich für das Feld Primsmulde-Süd bereits vor Beginn der Abbauarbeiten einzuschätzen, dass ein erhebliches Potenzial für die Entstehung induzierter seismischer Ereignisse gegeben war.

Die durch den Bergbau induzierten zusätzlichen Spannungen konnten somit – je nach den Richtungsbeziehungen der Komponenten des natürlichen tektonischen Spannungszustandes, der Raumstellung der potenziellen Schwächeflächen und den Richtungen der durch den Bergbau induzierten Komponenten des zusätzlichen Spannungszustandes, letzteres durch die Ausrichtung der für den Abbau vorgerichteten Strebe im Feld Primsmulde bestimmt – den Beanspruchungszustand auf den Schwächeflächen zum Grenzzustand hin verlagern und die in der Umgebung der Störungszonen gespeicherte tektonisch bedingte Deformationsenergie zusammen mit der anthropogen zugeführten Energie in Form von induzierten seismischen Ereignissen auslösen. Die Beträge der insgesamt dabei freigesetzten Energie waren somit deutlich oberhalb der durch den Bergbau eingetragenen Energiebeträge zu erwarten (s.a. Knoll, 1981).

Im Weiteren steht jedoch nicht dieser Mechanismus im Detail im Vordergrund. Es sollen vielmehr durch Beobachtungen die Mitwirkung tektonischer Elemente durch Messergebnisse belegt und die Gültigkeit der im Zuge der vorherigen gebirgsmechanischen Begutachtung der Situation gezogenen Schlussfolgerungen geprüft werden.

3.3 Ergebnisse der Erschütterungsanalyse an der Erdoberfläche

Im Zuge der Analyse der Erschütterungsverteilung an der Erdoberfläche infolge der durch den Steinkohlenabbau induzierten Ereignisse wurden im Bereich des Bergwerkes Saar mehrere hundert derartiger Ereignisse untersucht.

Dank der zahlreichen auf Veranlassung der DSK an der Erdoberfläche in diesem Bereich installierten und auf Forderung von potenziell geschädigten Unternehmen noch ergänzten übertägigen Erschütterungsmessstationen konnten die Erschütterungsfelder gut bestimmt und Isolinien gleicher Erschütterungsstärke (Linien maximaler Schwinggeschwindigkeiten an der Erdoberfläche, hier auch „Isoseisten“ genannt) für die induzierten Ereignisse mit großer Zuverlässigkeit konstruiert werden (Knoll & Kowalle, 2009). Dabei zeigte sich, dass auch an den Erschütterungsverteilungen an der Erdoberfläche (d.h. hier am Verlauf der Isoseisten) zwischen bergbauinduzierten Ereignissen, die nach der Klassifizierung von Knoll, 2007 dem Gebirgsschlagtyp 1 entsprechen, und solchen, die dem Typ 2 zuzuordnen sind, unterschieden werden konnte. Bei den erstgenannten bilden sich die Erschütterungsisolinien an der Erdoberfläche nahezu kreisförmig aus. Man kann davon ausgehen, dass die Energieabstrahlung des Ereignisses weder im Herdbereich noch im umgebenden Gebirge von der tektonischen Struktur der Umgebung wesentlich beeinflusst wird. Die Energiefreisetzung an der Abbaufront ist bei diesen Ereignissen offensichtlich nicht groß genug, um die geomechanischen Schwächeflächen im umgebenden Gebirge in den Bruchvorgang einzubinden. Das Maximum der Erschütterungen an der Erdoberfläche liegt bei diesen Ereignissen in der Nähe der Projektion des Ortes der Bergarbeiten (Abbauschwerpunkt) auf die Erdoberfläche.

Abbildung 11 zeigt ein solches Erschütterungsmuster für ein Ereignis des Gebirgsschlagtyps 1 (im Nordfeld des BW Saar). Die nahezu kreisförmige Erschütterungsausbreitung an der Erdoberfläche ist besonders deutlich an den Isolinien für 2 mm/s und für 5 mm/s zu erkennen. Ein weiteres Merkmal für die Ereignisse vom Gebirgsschlagtyp 1 ist das annähernde örtliche Zusammenfallen des Maximums der Schwinggeschwindigkeit an der Erdoberfläche (in Abbildung 11 die durch ein kleines Dreieck gekennzeichnete Erschütterungsmessstation K10H) mit dem seismologisch vom Betreiber des Messnetzes DMT ermittelten Epizentrum des Ereignisses (in Abbildung 11 Punkt in der Nähe der Station K10H) und der Projektion des Schwerpunktes der Abbauarbeiten auf die Erdoberfläche (in Abbildung 11 in der Nähe des Punktes im Zentrum der Erschütterungen) zu diesem Zeitpunkt.

Demgegenüber zeigen Ereignisse des Gebirgsschlagtyps 2 eindeutige Zusammenhänge zwischen der Erschütterungsverteilung an der Erdoberfläche und dem Muster der tektonischen Störungen in diesem Gebiet. Die Lage der übertägigen Maxima der Erschütterungen kann zudem – je nachdem, welche tektonische Störung und welcher Abschnitt dieser Störung beim Ereignis

wirksam war – sehr deutlich von der Projektion des Ortes der Abbauarbeiten auf die Erdoberfläche und vom seismologisch bestimmten Epizentrum des Ereignisses (Bestimmung durch den Betreiber des Überwachungsnetzes DMT) verschieden sein. Diese Zusammenhänge kommen beispielhaft in den Abbildungen 12 bis 14 zum Ausdruck.

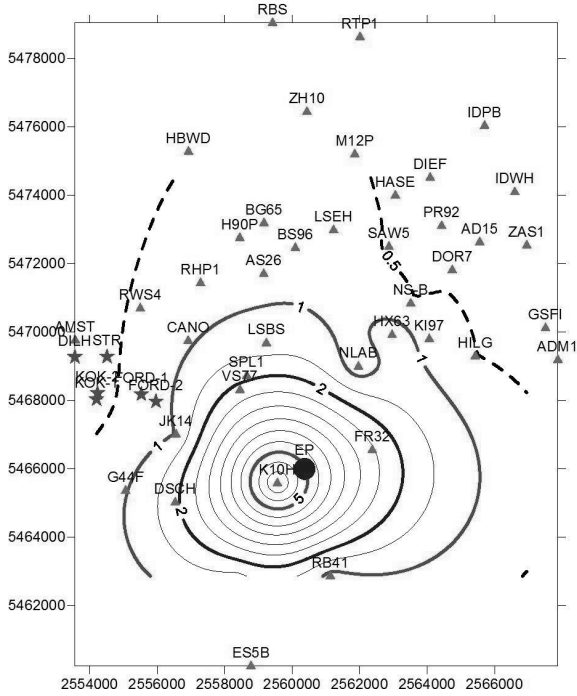


Abbildung 11: Erschütterungs-Isolinien des bergbauinduzierten seismischen Ereignisses aus dem Nordfeld des BW Saar am 28.09.2008 (BH 20.4 O, Flöz Grangeleisen), M_L = 2,5; Knoll & Kowalle, 2009

In allen Abbildungen der Isolinienverläufe stellen die (im Original magentafarbigen) Dreiecke die Standorte übertägiger Erschütterungsmessstationen der DSK/DMT dar (Messung der Schwinggeschwindigkeiten in drei Komponenten). Die mit (im Original roten) Sternen markierten Messpunkte zeigen zusätzliche, auf Betreiben von zwei Industrieunternehmen der Region installierte Messstationen des gleichen Typs. Die grauen Rechtecke in einigen Darstellungen der Abbildungen 12 bis 14 zeigen die Projektionen der dem Abbau unterliegenden Flöze Prims1 und Prims 2 auf die Erdoberfläche (die Orte der

Abbauarbeiten sind jeweils die östlichen Enden der Rechtecke). Die Ziffern an den Isolinien bezeichnen die gemessenen maximalen Schwinggeschwindigkeiten an der Erdoberfläche in mm/s und die stark gezeichneten gestrichelten schwarzen Linien stellen Richtungen bekannter tektonischer Störungszonen des Systems 2 (Abbildung 10) im betrachteten Gebiet dar. Sie gehören zur Gruppe der Schwächezonen mit hohem Potenzial für induzierte Seismizität.

Am 26.01.2008 fanden drei bergbauinduzierte seismische Ereignisse mit Ursprung im Abbaufeld Primsmulde-Süd statt, die die Mitwirkung tektonischer Störungen im Gebirge beim Zustandekommen der bergbauinduzierten Ereignisse und bei der Ausbreitung der Erschütterungsenergie beispielhaft zeigen. Es handelt sich dabei um Ereignisse mit praktisch dem gleichen Entstehungsort im Abbaufeld Primsmulde-Süd:

- Ereignis vom 26.01.2008, 05:19 Uhr, M_L = 3,4; Ereignis Nr. 13/08 (Abbildung 12),
- Ereignis vom 26.01.2008, 06:44 Uhr, M_L = 3,2; Ereignis Nr. 14/08 (Abbildung 13),
- Ereignis vom 26.01.2008, 16:33 Uhr, M_L = 2,3; Ereignis Nr. 15/08 (Abbildung 14).

Die Ereignisse des Tripels (Abbildungen 12 bis 14) liegen zeitlich sehr dicht beieinander. Der Unterschied in der Herdzeit beträgt z.B. nur etwa 85 Minuten zwischen den beiden ersten Ereignissen. In dieser Zeit haben sich selbstverständlich weder die geologisch-tektonischen noch die Gebirgsspannungsparameter verändert. Die bergbaulichen Bedingungen haben sich ebenfalls kaum verändert, weil das Gewinnungsgerät (Abbauwalze) bei dem ca. 350 m breiten und ca. 2.100 m bis 3.000 m langen Abbaustreb symbolisch gerade einmal < 0,5 m weiter vorangekommen ist, so dass die durch den Bergbau in der Zeitspanne zwischen den Ereignissen eingetragene Energie vernachlässigt werden kann und die geometrischen Verhältnisse im Streb ebenfalls praktisch identisch waren.

Dennoch fanden die resultierenden Energiefreisetzungen zeitlich und offensichtlich auch räumlich deutlich getrennt voneinander statt: in der Folge ergaben sich für beide Ereignisse sehr unterschiedliche Ausbreitungsmuster der Erschütterungsenergie, dargestellt mit Hilfe der Erschütterungs-Isoseisten an der Erdoberfläche, wie z.B. in den Abbildungen 12 und 13 die Isoseisten für 1 und 2 mm/s Schwinggeschwindigkeit deutlich belegen.

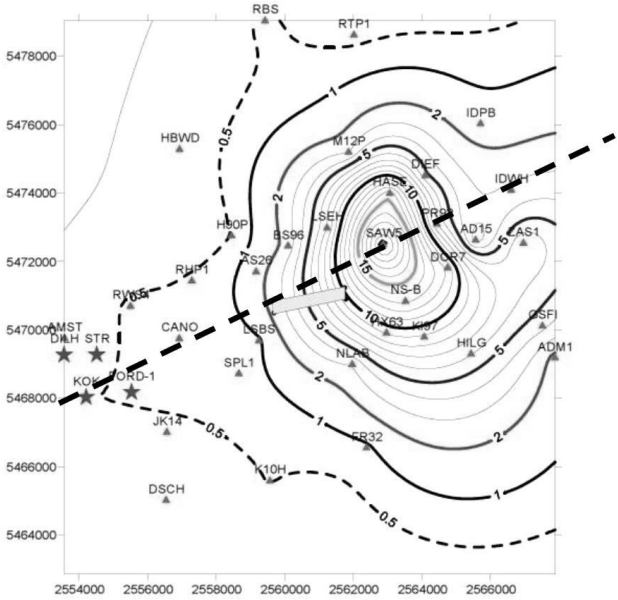


Abbildung 12: Erschütterungs-Isolinien des bergbauinduzierten seismischen Ereignisses aus dem Feld Primsmulde-Süd des BW Saar am 26.01.2008, 05:15 Uhr; M_L = 3,4 (Knoll, 2012)

Bei beiden Ereignissen sind die Achsen der Isoseisten in SW-NE-Richtung deutlich verlängert: im ersten Fall (Abbildung 12) mit einer starken Ausbuchtung der Isolinienverläufe nach NE, im zweiten Fall (Abbildung 13) mit einer ebenso deutlichen Ausbuchtung nach SW. Legt man in diese Streckungsrichtungen der Isoseisten eine Gerade (gestrichelte schwarze Linie in den Abbildungen 12 und 13), dann weist diese für beide Ereignisse etwa die Streichrichtung N60°E bis N65°E auf, wobei der Schwerpunkt der Erschütterungen sich im ersten Fall vom Abbauort einige Kilometer weit nach NE (Messpunkt SAW5); im zweiten Fall vom Abbauort einige Kilometer nach SW (Messpunkt DSBS) verschoben hat. Da es sich in beiden Fällen praktisch um den gleichen Ort des anthropogenen Energieeintrags (Abbauort) handelt, kann diese Asymmetrie der Energieausbreitung nur mit dem Einfluss des geologisch-tektonischen Aufbaus des Gebirges in der Umgebung beim Ereignisablauf erklärt werden. Mit großer Wahrscheinlichkeit stehen die Ereignisse mit einem komplexen Herdvorgang im Zusammenhang, bei dem das Initial des Bebenprozesses durch den Bergbau erzeugt, der gesamte Energieumsatz

jedoch von der Mitwirkung des umgebenden Gebirges bei der Bruchausbreitung bestimmt wird. Im Falle von Abbildung 12 wäre das so zu interpretieren, dass vom Bergbauvorgang zunächst der NE-Abschnitt der betroffenen tektonischen Störung zum Abbau der gespeicherten Deformationsenergie durch abschnittweises Versagen (Bruch) angeregt wurde und im Falle von Abbildung 13 entsprechend der SW-Abschnitt. Das ist aber genau das Merkmal tektonischer Gebirgsschläge (Typ 2 nach Knoll et al., 1980, Knoll, 1987).

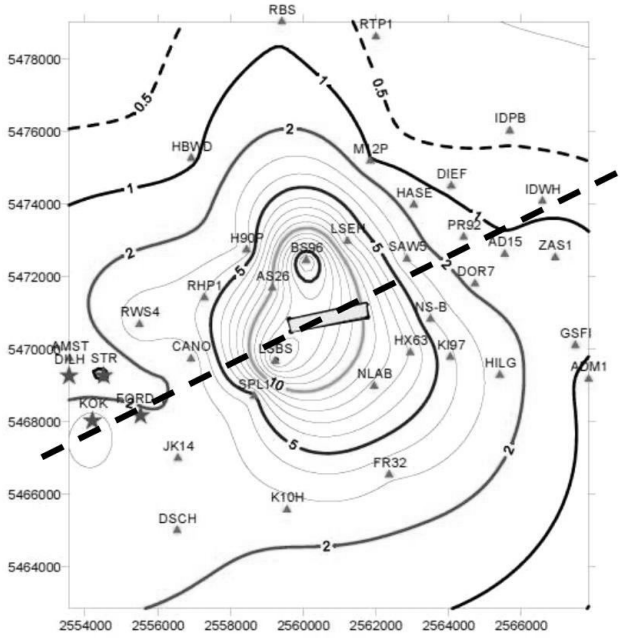


Abbildung 13: Erschütterungs-Isolinien des bergbauinduzierten seismischen Ereignisses aus dem Feld Primsmulde-Süd des BW Saar am 26.01.2008, 06:44 Uhr; M_L = 3,2 (Knoll, 2012)

Ebenfalls am 26.01.2008 trat das in Abbildung 14 dargestellte Ereignis auf. Es fand ca. 678 Minuten nach dem ersten Ereignis am gleichen Tag statt. Auch hier war die untertägige Abbausituation gegenüber den Ereignissen der Abbildungen 12 und 13 nur unwesentlich verändert. Dieses Ereignis war jedoch energieärmer und der Einfluss der tektonischen Struktur des Gebirges auf den Verlauf der Isolinien war schwächer ausgeprägt. Das kann bedeuten,

dass Energiefreisetzung und -ausbreitung offensichtlich nur in der Nähe der bergbaulichen Anregung stattfanden und durch tektonische Elemente nur wenig entlang der Streichrichtung der tektonischen Störungen ausgeweitet wurden. Die in der tektonischen Störung gespeicherte Deformationsenergie war durch die Ereignisse aus den Abbildungen 12 und 13 im Nahbereich der bergbaulichen Anregung bereits weitgehend abgebaut. Weitere Reaktionen der tektonischen Störung erforderten zunächst die neue Einleitung bergbaulicher Energie durch größeren Abbaufortschritt und das Einbeziehen weiter vom Anregungsort entfernter Abschnitte der tektonischen Störungen (vgl. Abbildung 15) bzw. benachbarter anderer Störungen des Systems durch Spannungsumlagerungen auf der Störung nach den Ereignissen von Abbildungen 12 und 13.

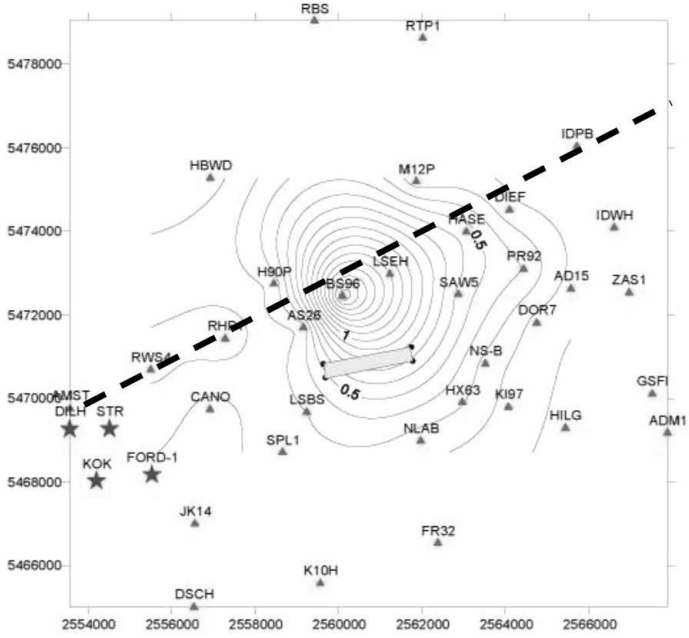


Abbildung 14: Erschütterungs-Isolinien des bergbauinduzierten seismischen Ereignisses aus dem Feld Primsmulde-Süd des BW Saar am 26.01.2008, 16:33 Uhr; M_L =2,3 (Knoll, 2012)

Mit dem Ereignistripel vom 26.01.2008 bietet sich zusammenfassend eine nahe liegende Interpretation der Bruchverläufe wie folgt an:

Angeregt durch den bergbaulichen Energieeintrag wird auf einer dem Gewinnungsort nahe liegenden präexistenten tektonischen Störung im Gebirge (hier zugehörig zum System 2), die ein gebirgsmechanisches Potenzial für die Entstehung seismischer Ereignisse besitzt, also eine „potenzielle Schwächefläche“ (im Sinne der oben gegebenen Definition) im Gebirge ist, ein Bruchvorgang ausgelöst und in einem begrenzten Abschnitt dieser Störung gespeicherte Deformationsenergie freigesetzt. Beim ersten Ereignis hat sich der Bruchvorgang vorwiegend im nordöstlich des Abbauortes gelegenen Abschnitt der tektonischen Störung vollzogen und zu verstärkten Erschütterungen an der Erdoberfläche nordöstlich des Abbauortes geführt. Dadurch ist auf dem SW-Abschnitt der tektonischen Störungszone durch Spannungsumlagerungen eine erhöhte mechanische Beanspruchung entstanden, die – ohne wesentlichen neuen bergbaulichen Energieeintrag – wenig später zum Nachbrechen des SW-Abschnittes der Störungszone geführt hat. Die Folge davon ist die nunmehr in diesem SW-Abschnitt gemessene stärkere Erschütterungswirkung an der Erdoberfläche. Sie findet im Verlauf der Isolinien gleicher Erschütterungsstärke in diesem Abschnitt (Abbildung 13) ihren Ausdruck. Schließlich stellt sich nach beiden Ereignissen – nach begrenztem neuen bergbaulichen Energieeintrag und einer Neuverteilung der Deformationsenergie auf der Störungsfläche – auf der vorher aktiven Störungszone ein neues mechanisches Gleichgewicht ein, das nach bergbaulicher Anregung nur mit einem kleineren und energieärmeren Nachbruchvorgang im zentralen, der Anregungsquelle näher liegenden Teil der Störungszone einhergeht (Abbildung 14).

Nach dieser Interpretation ergab sich aber die Wahrscheinlichkeit, dass im Falle einer erneuten größeren bergbaulichen Anregung der tektonischen Störung (nach einem größeren Vorrücken der Abbaufront) und weiteren großräumigeren Spannungsumlagerungen auf der tektonischen Störung neue, fernere und größere Abschnitte des Störungselements in den Energiefreisetzungsprozess einbezogen werden können mit der Folge größerer seismischer Erschütterungswirkungen. Dieser Sachverhalt führte zusammen mit anderen Faktoren zu der Prognose der Unternehmensgutachter, dass in diesem Gebiet bei unveränderter Fortsetzung der Bergbautätigkeit induzierte seismische Ereignisse mit größeren Magnituden (Prognose: ML $\leq$ 4,0) nicht mehr auszuschließen waren. Diese Prognose wurde im Januar 2008 schriftlich niedergelegt (Knoll, 2006).

Ein Ereignis der prognostizierten Magnitude trat bekanntlich am 23.2.2008 an dieser Stelle tatsächlich ein (Abbildung 15) mit dem Ergebnis der sofortigen Stilllegung des gesamten Bergbaus im Feld Primsmulde.

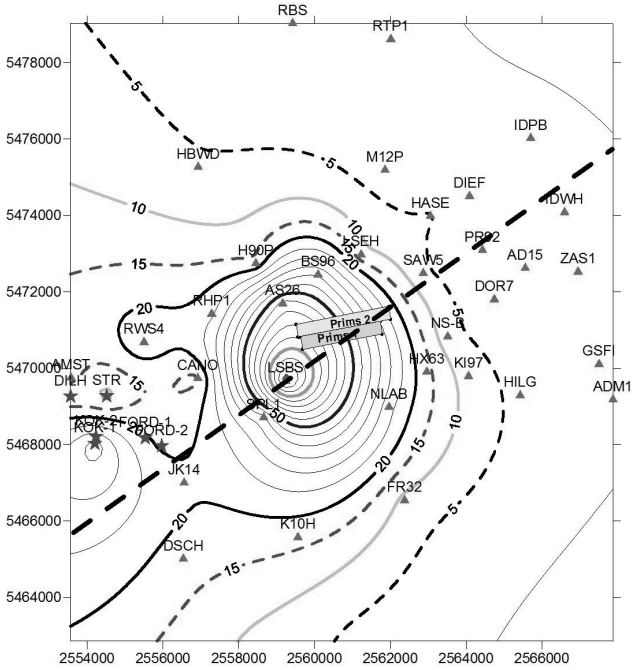


Abbildung 15: Größtes Ereignis im BW Saar vom 23.02.2008 (BH Prims 1, Flöz Schwalbach, M_L = 4,0), die gestrichelte Linie ist die Streichrichtung der Herdfläche nach Bestimmung der DMT aus den seismischen Registrierungen und zugleich die Achse der Asymmetrie der Erschütterungsausbreitung an der Erdoberfläche (Knoll & Kowalle, 2009); sie verläuft parallel zu den Elementen des Störungssystems 2 im umgebenden Gebirge (vgl. Abbildung 9)

Das Ausbreitungsmuster der Erschütterungen an der Erdoberfläche ähnelt dem des zweiten Ereignisses am 26.01.2008 (Abbildung 13). Hierbei war wiederum SW-Abschnitt der betroffenen Störungszone der Ort der Energiefreisetzung. Im Unterschied zum Ereignis von Abbildung 13 wurde jedoch offensichtlich ein in Richtung SW noch weiter entfernt liegender bzw. ein größerer Abschnitt der gleichen Störung angeregt und damit ein größerer Gebirgsbereich im SW des Abbauortes von der Energiefreisetzung erfasst. Die Folge war die nach der Ereignisserie vom 26.01.2008 zu befürchtende noch

größere seismische Magnitude in Verbindung mit stärkeren Erschütterungen an der Erdoberfläche südwestlich des Abbauortes.

Mit dieser Ereignisreihe wird durch Beobachtung gestützt und messtechnisch belegt, dass für tektonische Gebirgsschläge (Typ 2) zweiphasige Ereignisse charakteristisch sind: zum Ersten eine (u.U. relativ energiearme) bergbauliche Anregung, die zum Zweiten ein bruchartiger Versagensvorgang auf einer nahe liegenden und gebirgsmechanisch für die Bruchentstehung „günstig" orientierten tektonischen Störungsfläche im umgebenden Gebirge. Die induzierten seismischen Ereignisse finden somit ihre meist wesentlich energiereichere Fortsetzung. Die Voraussetzung ist, dass die betroffene tektonische Störung eine „potenzielle gebirgsmechanische Schwächefläche" (mit einem Speichervermögen an tektonischer Deformationsenergie) ist.

Der gesamte Energieumsatz, der bei induzierten seismischen Ereignissen stattfindet, und somit auch die Erschütterungsausbreitung an der Erdoberfläche werden vom komplexen Gesamtereignis bestimmt und stehen nur zum (meist sogar kleineren) Teil mit dem bergbaulichen Energieeintrag (Abbauvorgang) im direkten Zusammenhang.

Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Ausgangspunkt der Analysen ist die nahe liegende Feststellung, dass es sich bei induzierten seismischen Ereignissen um Versagensprozesse in der obersten festen Erdkruste handelt, die im Verlaufe des Bruchvorgangs seismische Energie abstrahlen. Es handelt sich somit primär um *gebirgsmechanisch zu beschreibende Bruchvorgänge* im Gebirge entlang von bestimmten Schwächeflächen im Gebirgsverband. Die Konsequenz ist, dass es für die Beurteilung einer bestimmten geografischen Position im Hinblick auf die Entstehung Induzierter Seismizität unverzichtbar ist, (1) das gebirgsmechanische Potenzial für energieabstrahlende Brüche am Standort zu bewerten und (2) bei existierendem Potenzial für tektonische Gebirgsschläge (bzw. allgemein für induzierte seismische Ereignisse) den zu erwartenden komplexen geomechanischen Bruchmechanismus im betroffenen Gebirgsbereich aufzuklären. Dadurch können einerseits Konsequenzen für die Auswirkungen der Ereignisse in der Umgebung zutreffender eingeschätzt und andererseits die richtigen Maßnahmen für Prognose, Bekämpfung bzw. Vermeidung dieser Erscheinung eingeleitet werden.

Die *Analyse des gebirgsmechanischen Mechanismus (Modells)* der induzierten seismischen Ereignisse ermöglicht die Diskriminierung verschiedener Bruchvorgänge und die Typisierung der Bruchabläufe. Für Gebirgsschläge,

d.h. für bergbauinduzierte seismische Ereignisse, wurden solche Typisierungen bereits mit Erfolg vorgenommen und die Typen: bergbaulicher Gebirgsschlag (Typen 1a und 1b) sowie tektonischer Gebirgsschlag (Typ 2) unterschieden. Eine solche Unterteilung gilt offensichtlich allgemein für induzierte seismische Ereignisse und kommt der Einteilung in getriggerte Erdbeben und induzierte Erdbeben, die von der FKPE-Arbeitsgruppe getroffen wurde (Dahm, et al., 2013), sehr nahe. Da es bei den einzelnen Typen erhebliche Unterschiede im Bruchverlauf und besonders bei der Mitwirkung tektonischer Störungen kommt, hat das vor allem zwei Konsequenzen: (1) es ist problematisch, alle Typen, d.h. verschiedene gebirgsmechanische Modelle, gleichberechtigt mittels statistischer und probabilistischer Verfahren zu bearbeiten und (2) ist zu erwarten, dass induzierte Ereignisse des Typs 2 und natürliche Erdbeben allein mit seismologischen Verfahren kaum voneinander unterschieden werden können, da in beiden Fällen Bruchvorgänge auf tektonischen Störungszonen den Ereignisablauf und damit die Energieemission entscheidend bestimmen.

Ziel der Darlegungen ist es somit, einen Beitrag zur Diskussion der FKPE-Arbeitsgruppe „Induzierte Seismizität“ (Dahm et al., 2013) zu leisten. Insbesondere für die Ausarbeitung des Positionspapiers „Begutachtungsprozess" (Baisch et al., 2012) soll die Aufmerksamkeit darauf gelenkt werden, die gebirgsmechanischen und tektonischen Bedingungen an einem Standort vor allem zu analysieren, um das Potenzial eines Standortes für das Entstehen induzierter seismischer Ereignisse abzuschätzen, die Entstehungsbedingungen standortbezogen und unter Zugrundelegung gebirgsmechanischer Sachverhalte zu analysieren und – wenn ausreichende quantitative Parameter zur Verfügung stehen – eine gebirgsmechanische rechnerische Modellierung des Standortbereiches nach Möglichkeit vor der vorgesehenen anthropogenen Aktivität vorzunehmen.

Von Hörz, 2014 wird dieses Vorgehen aus philosophischer und erkenntnistheoretischer Sicht offensichtlich ebenso gesehen.

Die statistische bzw. probabilistische Analyse der seismologischen Daten selbst aus einem Standortbereich setzt erst einmal eine größere Zahl bereits stattgefundener Ereignisse *mit dem gleichen Bruchmechanismus* an einem Standort voraus. In vielen Fällen kann es aber zu diesem Zeitpunkt für das Erreichen der öffentlichen Akzeptanz des zu Grunde liegenden technischen Vorgangs und für seine Genehmigungsfähigkeit bereits zu spät sein.

Die seismologischen Überwachungen und Analysen sind aber unabhängig davon unverzichtbar für die Verifizierung und Qualifizierung der gebirgs-

mechanischen Modellberechnungen und für die Kontrolle und Überwachung der technologischen Prozesse; für die prognostische Bewertung der Gefährdung an einem Standort durch Induzierte Seismizität sind sie aber allein nicht ausreichend.
Hinweis: Die farbigen Versionen der Abbildungen können der Präsentation des Vortrages entnommen werden:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/07-Knoll-2.pdf .

Literatur- und Quellenverzeichnis

Abschlussbericht über die Risikoanalyse (2010). Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt Basel-Stadt, An den Regierungsrat Basel, 26. Mai 2010; P070061 Abschlussbericht über die Risikoanalyse zum Deep Heat Mining Projekt Basel; http://www.wsu.bs.ch/schlussbericht_risikoanalyse.pdf

Adushkin et al. (2000). Oilfield Review, Sommer 2000; https://www.slb.com/~/media/Files/resources/oilfield_review/ors00/sum00/p2_17.ashx)

Ahorner, L. und Schaefer, W. (2002). Induzierte Seismizität im Braunkohlengebiet der Niederrheinischen Bucht; Glückauf-Forschungshefte 63 (2002) Nr. 1; S. 20-34

Alber, M. & Fritschen, R. (2009). Gesteins- und gebirgsmechanische Untersuchungen der Ursachen bergbauinduzierter seismischer Ereignisse. – 10. Geokinematischer Tag, Freiberg 2009. In: Schriftenreihe des Instituts für Markscheidewesen und Geodäsie an der TU BAF 2009-1: 79-88.

Baisch, St. et al. (2012). Empfehlungen zur Überwachung induzierter Seismizität – Positionspapier des FKPE; DGG-Mittlg. 3/2012, Präambel, S. 17

Dahm et.al (2006). T. Dahm, B. Hofmann, A. Polster, M. Thorwart: Erdbeben in Norddeutschland und Europa; http://www.geophysics.zmaw.de/fileadmin/seismogram/downloads/poster_beben_ND.pdf

Dahm et al. (2013). Dahm, T. u.a. (DGG-FKPE-Arbeitsgruppe und externe Experten) (2013): Zur Diskriminierung induzierter Seismizität; DGG-Mitteilungen 2/2013, S. 5-9

De Pater C.J. und Baisch, S. (2011). Geomechanical Study of Bowland Shale Seismicity; Synthesis Report, November 2011; Cuadrilla Resources; http://www.cuadrillaresources.com/wp-content/uploads/2012/02/Geomechanical-Study-of-Bowland-Shale-Seismicity_02-11-11.pdf

DGG-Mitteilungen (2012). „Empfehlungen zur Überwachung induzierter Seismizität —Positionspapier des FKPE“, 03/2012, S. 17-31

ERCOSPLAN (1996). Archiv ERCOSPLAN Geotechnik und Bergbau GmbH, Erfurt; 1996; zitiert in: Knoll et al.: Hrsg. Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & CO. KG – 100 Jahre Kali- und Versatzbergbau, Teutschenthal, 2005

Fritschen, R. (2010). Mining-Induced Seismicity in the Saarland, Germany; Pure Appl. Geophys. 167 (2010), 77-89

Geologische Karte des Saarlandes (1981). Erläuterungen zur Geologischen Karte des Saarlandes, 1981; 1 : 25 000, Blatt Nr. 6606 Saarlouis, Geologisches Landesamt des Saarlandes, Saarbrücken 1981, Anlage 2

GtV (2014). Lexikon der Geothermie: Seismizität, Induzierte; http://www.geothermie.de/wissenswelt/glossar-lexikon/s/seismizitaet-induzierte.html

Hagelstein, M. (2007). Aktive Maßnahmen zur Reduktion seismischer Ereignisse beim Bergwerk Saar. – 8. Geokinematischer Tag, Freiberg 2007. In: Schriftenreihe des Instituts für Markscheidewesen und Geodäsie an der TU BAF 2007-2: 79-95.

Hörz, H. (2014). Kommentar zur Wortmeldung „Induzierte Seismizität"; http://leibnizsozietaet.de/wortmeldung-zum-thema-induzierte-seismizitat/

Kissling, Eduard; Rehbock-Sander, Michael (2007). Gotthard-Basistunnel – Bergschläge und Mikrobeben in der MFS Faido 2007; Quelle: Fachtagung für Untertagbau – Swiss Tunnel Congress 2007. Lötschberg-Basistunnel, Gotthard-Basistunnel, weitere Projekte. 21. Juni 2007 in Luzern. Bd.6. Hrsg.: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein -SIA-, Zürich

Knoll, P. (1971). Beitrag zur Formulierung eines allgemeinen Verformungsmechanismus der Gesteine und des Gebirges; Neue Bergbautechnik, Heft 8, 1971, S. 590-595

Knoll, P. (1981). Die Energiebilanz von Gebirgsschlägen, ein Mittel zur Bestimmung ihres geomechanischen Mechanismus; Neue Bergbautechnik, 11 (1981) 7, S.384-389

Knoll, P. (1987). Untersuchung des geomechanischen Mechanismus von Gebirgsschlägen mit seismologischen Methoden. – Berg-und Hüttenmännische Monatshefte 132 (4): 97-103.

Knoll, P. (2006). Auswirkungen von bergbaubedingten Erschütterungen auf den Standort der Industrieanlagen der Dillinger Hütte. – Gutachterliche Stellungnahme GTU-6-09/05/06 vom 08.09.2006 (GTU Potsdam, unveröffentlicht).

Knoll, P. (2012). Abschluss-Gutachten Auswirkungen bergbauinduzierter Erschütterungen im Bereich des Bergwerkes Saar auf den Standort der AG der Dillinger Hüttenwerke, GTU-6-06/06/12; GTU Potsdam 21.06.2012 (unveröffentlicht)

Knoll, P. (2014). Bergbaubedingte Erschütterungen im Saarland bis 2008 – Beitrag zur Untersuchung des Mechanismus induzierter seismischer Ereignisse; DGG-Mitteilungen 1/2014; S. 13-18

Knoll, P.; Kowalle, G. (2009). Analyse der Erschütterungsausbreitung bergbauinduzierter seismischer Ereignisse auf geomechanischer Basis. – 10. Geokinematischer Tag am 7. und 8. Mai 2009. In: Schriftenreihe des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie an der TU BAF 2009-1: 104-124.

Knoll, P.; Schwandt, A.; Thoma, K. (1978). Die Bedeutung geologisch-tektonischer Elemente im Gebirge für den Bergbau, dargestellt am Beispiel des Werra-Kalire-

viers der DDR; Proc. 5th Int. Symp. on Salt, Hamburg, 1978; Northern Ohio Geol. Soc., Vol.1 /1979), pp. 105-113

Knoll, P.; Thoma, K.; Hurtig, E. (1980). Gebirgsschläge und seismische Ereignisse in Bergbaugebieten; Rock Mech. Wien, Suppl. 10 (1980) 85-102

Ruhr-Nachrichten.de 03.07.2013. http://www.ruhrnachrichten.de/nachrichten/politik/aktuelles_berichte/Menschen-geschockt-Erde-bebt-bei-Groningen-wegen-Gasfoerderung;art29862,2052338

van Eck et al., (2006). Seismicity of the Groningen region; zit. in: Arup Project Title: Groningen 2013 Seismic Risk Study – Earthquake Scenario-Based Risk Assessment http://www.namplatform.nl/wp-content/uploads/2014/01/GR13_Seismic_Risk_Study_Issue.pdf

Wegler, U. (2013). Umweltverträgliches Fracking? – Geologische Potenziale und technische Herausforderungen – Vortrag 25.06.2013 BGR; http://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Nachrichten/Veranstaltungen/2013/GZH-Veranst/Fracking/Downloads/2013_06_24_vortrag_wegler.pdf?__blob=publicationFile&v=6

World Stress Map, 2013. http://dc-app3-14.gfz-potsdam.de/pub/stress_data/stress_data_frame.html

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 133–146*

Rose-Luise Winkler

V.I. Vernadskij und die Kommission zur Geschichte des Wissens an der Russischen resp. Akademie der Wissenschaften der UdSSR (1921-1932)[1]

„Vernadskij war, natürlich, ein bedeutender und vor allem ein bemerkenswert vortrefflicher Mensch. Menschen gibt es sehr schlechte, schlechte, mittelmäßige, gute, sehr gute, und es gibt auch eine Anzahl bemerkenswerter Menschen. Unter den bemerkenswerten gibt es besonders bemerkenswerte und unter diesen schließlich, was sehr selten ist – vollkommen bemerkenswerte Menschen. Vernadskij war zweifellos ein solcher vollkommen bemerkenswerter Mensch.“[2] Mit diesen Worten charakterisierte Nikolai Wladimirovich Timoféeff-Ressovsky Vladimir Ivanovič Vernadskij als Mensch und als Wissenschaftler in seinem nach Tonbandaufzeichnungen gedruckten Erinnerungsband.[3] Er widmete ihm einen eigenständigen Abschnitt „Vernadskij und Vernadskologia“ und erklärt darin die Entstehung dieser Forschungsrichtung in seinen eigenen Untersuchungen in den 1920er Jahren in Berlin-Buch.[4] N.W. Timoféeff-Ressovsky hatte das Glück schon in den frühen 1920er Jahren Vernadskij zu begegnen und konnte mehrfach ausführliche

1 Leicht überarbeiteter und gekürzter Vortrag vom 11.04. 2014 anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. Heinz Kautzleben. Ausführlicher siehe Computerpräsentation vom 11.04. 2014.

2 Н.В. Тимофеев-Ресовский. Вернадский и Вернадскология//Воспоминания. Москва ВАГРИУС 2008: 280.

3 Dieser Erinnerungsband ist in drei Auflagen erschienen: Н.В. Тимофеев-Ресовский. Воспоминания. Hrsg. N.I. Dubrovina. Progress-Verlag Moskau 1995, erweiterte Auflage: Н.В. Тимофеев-Ресовский. Истории, рассказанные им самим, с письмами, фотографиями и документами. Hrsg. N.I. Dubrovina. Verlag Soglasie. Moskau 2000, Neuauflage von 1995 - Н.В. Тимофеев-Ресовский. Воспоминания. Москва ВАГРИУС 2008.

4 N.W. Timoféeff-Ressovsky war bekanntlich 1925 auf Einladung von dem deutschen Hirnforscher Oskar Vogt als Gastforscher vom Nikolai Koltzoff-Institut für experimentelle Biologie der Russsischen resp. Akademie der Wissenschaften der UdSSR an das Institut für Hirnforschung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft verpflichtet worden, wo er mit seiner Ehefrau, der Genetikerin H.A. Timoféeff-Ressovsky bis 1945 tätig war.

Gespräche mit ihm führen, auch später in seiner Berliner Zeit. Letztmalig anlässlich der Deutsch-Sowjetischen Naturforscherwoche 1927 in Berlin.[5] Es ist schon empfehlenswert Einschätzungen von ihm zu den führenden Wissenschaftlern seiner Zeit gründlich zur Kenntnis zu nehmen, knüpfte er doch in späterer Zeit in seinen Arbeiten in vielem an diese Forschungen an, insbesondere aber seine Ausführungen zur Arbeitsweise von Vernadskij als Forscher und Naturwissenschaftler sind in unserem Zusammenhang von besonderem Interesse.

Auf Vernadskij geht die Gründung der Kommission zur Geschichte des Wissens an der Russischen Akademie der Wissenschaften zurück. Am 14. Mai 1921 wurde von der Vollversammlung der Akademie der Wissenschaften in Anhörung des Vortrages von Akademiemitglied V.I. Vernadskij ein Beschluss über die Bildung einer Kommission zur Geschichte der Wissenschaft, Philosophie und Technik gefasst, die die Bezeichnung Kommission zur Geschichte des Wissens (KIZ) erhielt. Dem Beständigen Sekretar der Akademie der Wissenschaften S.F. Ol`denburg oblag es, die erste Sitzung dieser Kommission einzuberufen, die am 11. Juni (Sonnabend) um 11 Uhr im Kleinen Konferenz-Saal der Akademie (in Petrograd) in Anwesenheit des Präsidenten A.P. Karpinskij, des Vizepräsidenten V.A. Steklov, und des Beständigen Sekretars S.F. Ol`denburg, stattfand. Außerdem nahmen die Akademiemitglieder V.V. Bartol`d, V.I. Vernadskij, V.M. Istrin, P.P. Lazarev, N. Ja. Marr, F.I. Uspenskij teil.

Es wurde angestrebt eine Vielzahl von Wissenschaftlern zur Mitarbeit in der Kommission heranzuziehen – die Vertreter der verschiedensten Wissenschaftsgebiete – aus den naturwissenschaftlichen, den technischen und den Humanwissenschaften (d.h. den Sozial- und Geisteswissenschaften, Gesellschaftswissenschaften). Wissenschaftliche Akademien haben in ihrer gesamten Entwicklung ihrer eigenen Geschichte stets große Aufmerksamkeit geschenkt, da es im Wesen der Wissenschaft selbst begründet liegt, sich Klarheit über das gegenwärtige Wissen zu verschaffen, das nur im Vergleich zum vorhergehenden bestimmt werden kann. „Die Geschichte der Wissenschaft ist die Wissenschaft selbst“. Dieser bekannte Ausspruch Goethes wird heute vielfach von wissenschaftshistorisch Forschenden herangezogen.[6] Für Vernadskij selbst wurde dies zu einem Axiom seiner Forschungen, das er dem Aufbau und

5 Siehe Fn.2: S. 281

6 Goethe war seit Gründung der Moskauer Gesellschaft der Naturfreunde (MOIP) 1805 deren gewähltes Mitglied, seit 1818 Mitglied der Petersburger Mineralogischen Gesellschaft und später Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften.

der Organisation wissenschaftshistorischer Forschungen an der Akademie als allgemeinster und allumfassendster wissenschaftlicher Einrichtung zugrunde legte: „Charakteristisch für eine Akademie ist die wissenschaftliche Erfassung (das sich Bewusstwerden) wissenschaftlicher Probleme „sub specie aeternitatis“ (von hoher Allgemeinheit).[7] Als Körperschaft, in der Wissenschaftler und Gelehrte verschiedenster Spezialgebiete vereint sind, die der Idee nach das gesamte Wissen umfassen, ist die Geschichte des Wissens implizit ein ständiger Begleiter. Die Akademien bildeten sich sehr langsam und allmählich im Verlauf von Jahrhunderten, ihre Formen basieren auf tausend Jahre alten Wurzeln in brüderlichen Gemeinschaften und Gelehrtenvereinigungen, sie haben sich entwickelt und verändert, aber die Grundlage ihrer Arbeit ist stets geblieben, sie besteht in der exakten Bestimmung der Zuverlässigkeit des Wissens. Sie ist die Basis für die Bestimmung wissenschaftlicher Probleme und deren Lösung im Sinne von Erscheinungen „sub specie aeternitatis“.

Um die Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert entstand die Notwendigkeit Fragen der Untersuchung der Geschichte des Wissens eine institutionelle Basis zu geben. Dies spiegelt sich auch in der internationalen Entwicklung wider, es entstanden wissenschaftliche Gesellschaften für allgemeine Wissenschaftsgeschichte, eine Kongressreihe „International Congress on the History of Sciences and Technology“[8] wurde ins Leben gerufen, die Zeitschriften „Isis“ (1912) und „Osiris“ (1936) gegründet[9] usw. In Russland bzw. später der Sowjetunion gab es verschiedene Bemühungen um eine fundierte Ausarbeitung wissenschaftshistorischer Fragen, auch um deren Institutionalisierung. Letztlich blieb es Vernadskij vorbehalten, diese mit Erfolg an der Akademie zur Ausführung zu bringen. Maja Semenovna Bastrakova, eine ausgewiesene Wissenschaftshistorikerin, vertritt die Meinung, dass es „nicht zufällig war, dass die Wissenschaftsgeschichte sich gerade am Ende des 19. Jahrhunderts zu entwickeln begann und bis sie etwa in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einem selbständigen Wissensgebiet wurde und auch nicht zufällig, dass Vernadskij zu einem ihrer Begründer wurde“.[10] Dem kann man

7 V.I. Vernadskij. Raboty po istorii znanij. In: V.I. Vernadskij i komissia po istorii znanij. K 150-letiju so dnja roždenija V.I. Vernadskogo. Hrsg. Ju.M. Baturin. Moskau-St. Petersburg 2013: S. 89.

8 Der erste Kongress fand 1929 in Paris statt, seitdem folgten in drei- bzw. ab 1981 in vierjährigem Rhythmus Kongresse in Europa, Lateinamerika, Asien und in den USA, im Jahr 2013 fand der 24. Kongress in Manchester (Großbritannien) statt.

9 Beide Zeitschriften wurden von George Sarton gegründet und werden von der Universität in Chicago herausgegeben.

10 M.S. Bastrakova. V.I. Vernadskij i istorija nauki. In: Archiv istorii nauki i techniki. II. Verlag Nauka. Moskau 1997. S. 140-171.

zweifellos zustimmen. Tatsächlich sagte der Naturforscher Vernadskij gern von sich, er sei eigentlich Historiker. „Вернадский сам любил говорить, что он в сущности историк“ (S.R. Mikulinskij)[11]. Es ist ein großes Verdienst des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik an der Russischen Akademie der Wissenschaften anlässlich des 150. Geburtstages von V.I. Vernadskij am 12. März 2013 im Jahr 2013 eine Publikation[12] zur Veröffentlichung gebracht zu haben, die sich der Geschichte zur Gründung der Kommission für Geschichte des Wissens zuwendet. Wie überhaupt im Mittelpunkt der Jubiläumsfeierlichkeiten der Wissenschaftshistoriker Vernadskij[13] stand, nachdem Jahre zuvor seine Lehre von der Biosphäre, seine biogeochemischen Arbeiten (zum 120. Geburtstag) und seine Konzeption von der Noosphäre (zum 125. Geburtstag) in den Mittelpunkt gerückt wurden. Ähnliches kann man auch für die sehr verdienstvollen Arbeiten, die von Heinz Kautzleben zum 150. Geburtstag von V.I. Vernadskij am 15. März 2013 in einer wissenschaftlichen Konferenz „Vom Mineral zur Noosphäre“bei der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften e.V. in Berlin initiiert wurden, konstatieren.[14]

Der Band zur Geschichte der Kommission für Geschichte des Wissens (KIZ) umfasst eine Dokumentation der wichtigsten erhalten gebliebenen, der internen akademischen Bürokratie unterliegenden, schriftlichen Formen zur Installation einer Kommission auf der Ebene des Präsidiums der Akademie. Das sind Notizen, Vorträge, Memoranden, Ergebnisse von Diskussionen, auch internen Wahlen usw. und publizierte Vorträge. Es werden alle Mitglieder der Kommission vorgestellt mit kurzem Lebenslauf, einem gut ausgewählten Foto und mit dem Vortrag (abgedruckt), den sie im Rahmen der Kommission gehalten haben. Einem Jubiläumsband angemessen ist der Druck erfolgt auf Glanzpapier und in einer sehr guten Druckqualität. Dem Band ist ein Einleitungsbeitrag vorangestellt, in der die Rolle V.I. Vernadskij`s in der Organisation und Entwicklung der Kommission für die Geschichte des Wissens ausführlich gewürdigt wird. Der Band wurde zusammengestellt

11 S.R. Mikulinskij.V.I. Vernadkskij kak istorik nauki. In:V.I. Vernadskij. Trudy po vseobščej istorii nauki. 2. Aufl. Verlag „Nauka“ .Moskau 1988. S. 22

12 V.I. Vernadskij i komissia po istorii znanij. K 150-letiju so dnja roždenija V.I. Vernadskogo. Hrsg. Ju. M. Baturin. Moskau-St. Petersburg 2013.

13 Vgl. Международная научная конференция: «В.И. Вернадский и история науки», состоявшаяся 22-ого января 2013 г. в Москве.In: Theses of reports of the International Scientific Conference Moscow January 22, 2013. Moscow IHST Russian Academy of Science. 2013 .74 pages. Ed by G.P. Aksenov, N.A. Ozerova, O.S. Romanova,V.A. Shirokova.

14 siehe www.leibnizsozietaet.de

von zwei exzellenten Wissenschaftshistorikern des Instituts, Vladimir Michajlovič Orel (†August 2014) und Galina Ivanovna Smagina (Filiale St. Petersburg). Von beiden wurde schon zuvor (2003) eine bedeutende Dokumentation zur Geschichte der KIZ veröffentlicht.[15] Besonders hervorzuheben erscheint uns der Wiederabdruck von Vorträgen, die im Laufe der Zeit in Vergessenheit geraten sind und zum Teil auch deren Autoren, die verschiedentlich extremen politischen Exzessen unterworfen waren (wie zum Beispiel Nikolai Bucharin, auf seine Rolle wird noch gesondert einzugehen sein) oder auch frühzeitig verstarben (wie zum Beispiel Alexandr Lappo-Danilevskij, †1919), der Arbeiten zu einer mehrbändigen Geschichte der russischen Wissenschaft in Angriff genommen hatte, in einer Kommission, die der KIZ vorherging.[16]

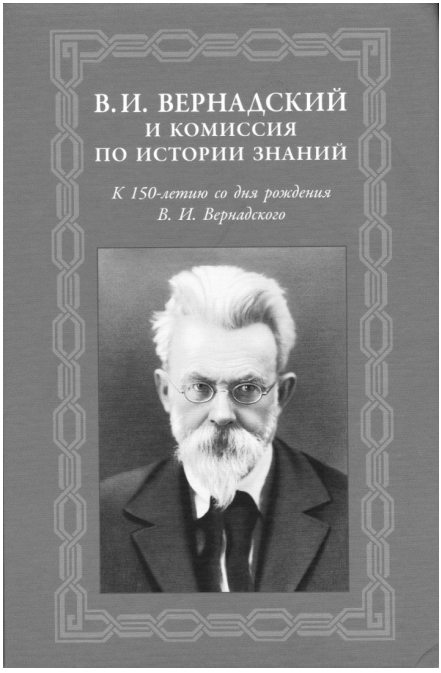


Abb. 1: Band zu V.I. Vernadskij und die Kommission über die Geschichte des Wissens (KIZ); der Band wurde herausgegeben von dem Forschungskosmonauten und jetzigen Direktor des IGNT Jurij Michajlovič Baturin

15 Vgl. Комиссия по истории знаний. 1921–1932. Сб. Документов. Составители В.М. Орел, Г.И. Смагина. Изд.-во «Наука» Санкт-Петербург 2003.

16 Siehe Fn.10. S. 15-16.

In unserem Zusammenhang von Bedeutung ist jedoch die Grundorientierung Vernadskij`s, die Vertreter der verschiedensten Wissenschaftsgebiete – aus den naturwissenschaftlichen, den technischen und auch den Humanwissenschaften (d.h. den Sozial- und Geisteswissenschaften, Gesellschaftswissenschaften) in die Arbeit der Kommission einzubeziehen und diese dem Präsidium und damit der Vollversammlung der Akademie zu unterstellen. Das entsprach seinem Konzept einer Einheit von Naturwissenschaft, Technik und Humanwissenschaft in weitesten Sinne, wie es auch in seiner späteren Konzeption der Noosphäre zum Tragen kommt. Diese Grundorientierung der KIZ blieb seit ihrer Gründung (1921-1932) und Umwandlung in das Institut für Geschichte der Wissenschaften und Technik (Institut istorii nauki i techniki, IINIT, 1932 – 1938) erhalten. Versuchen, die Arbeit der Kommission bzw. des späteren Instituts einer eingeschränkten Unterordnung zuzuführen, wurden entschieden entgegengetreten: von S.F. Ol`denburg, V.I. Vernadskij, N.I. Bucharin – sie blieb der Vollversammlung der Akademie bzw. ihrem Präsidium unterstellt.

Mit Auflösung des Instituts für Geschichte der Wissenschaften und Technik 1938 (Verhaftung, Verurteilung und Hinrichtung N.I. Bucharins) wurde diese Orientierung aufgegeben. Das heutige Institut für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik (IGNT oder russ. ИИЕТ) besinnt sich zunehmend auf seine eigene Geschichte, nachdem 1988 die Rehabilitierung N.I. Bucharins erfolgte. In beiden oben genannten Bänden werden die Tätigkeit Bucharins in dieser Kommission beschrieben und auf der Grundlage vorhandener (und noch auffindbarer) Dokumente, ein Großteil davon ging verloren, seine Arbeit gewürdigt. Von besonderem Interesse ist aus heutiger Sicht das Verhältnis des Naturforschers Vernadskij zu dem Ökonomen und Soziologen Nikolaj Bucharin und umgekehrt. Vom Institut wurde im Jahr der Vernadskij-Ehrung auch eine Ehrung für Nikolai Bucharin mit einer Ausstellung in Sankt Petersburg in der Bibliothek der Akademie vom Oktober bis November 2013 zum 125. Geburtstag und zum 75. Todestag durchgeführt. Träger dieser Ausstellung waren die Bibliothek der Akademie der Wissenschaften, das Institut für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik RAN (Moskau und St. Petersburg), das Museum für Politische Geschichte Russlands.

Nikolai Bucharin übernahm, was heute allmählich wieder ins Bewusstsein der Wissenschaftshistoriker gelangt, 1930 auf Vorschlag Vernadskij`s die Leitung der KIZ und ab 1932 die Leitung des Instituts für Geschichte der Wissenschaft und Technik. Den wenigen erhalten gebliebenen Zeugnissen nach, hatte Bucharin eine Hochachtung vor den Arbeiten des Naturforschers

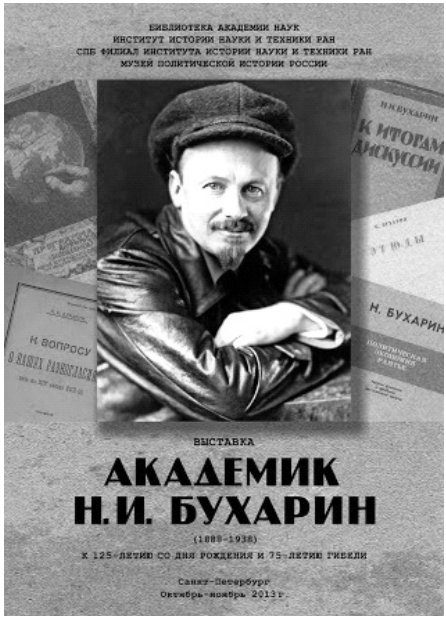


Abb. 2: Plakat der Ausstellung zum 125. Geburtstag und zum 75. Todestag von Akademiemitglied N.I. Bucharin (1888-1938) Sankt Petersburg Oktober – November 2013 (Das hier abgebildete Plakat zur Ausstellung wurde uns freundlicherweise von Frau Dr. sc. Galina I. Smagina (Petersburger Filiale des IGNT) zur Verfügung gestellt. Hier sind die 1932 geprägten Bezeichnungen des IINIT wiedergegeben.)

Vernadskij[17] und bemühte sich um ein theoretisches Verständnis seiner wissenschaftlichen Auffassungen (der Biosphäre- und auch der Noosphärekonzeption) und auch seiner Auffassungen über das Wesen der akademischen Forschung und des wissenschaftlichen Schöpfertums. Er machte sich vieles aus der Arbeit der Akademie zu Eigen und drückte der Arbeit in der Kommission seinen eigenen Stempel auf. Er war bemüht, der wissenschaftshistorischen Arbeit eine der Akademie entsprechende institutionelle Basis zu geben und diese den Vorstellungen Vernadskij`s folgend weiter zu führen. Das theo-

17 Wir verweisen hier auf eine von N.W. Timoféeff-Ressovsky in seinen Erinnerungen wiedergegebene Anekdote. Er schrieb:... „dass Vernadskij`s „politisches“ Schicksal ebenso vielfältig und ziemlich unikal ist…er kehrte nach Russland zurück, ich glaube 1921. Und dann – soweit ich das erinnere, das sagte man in Wissenschaftlerkreisen – hätte es nach der Anweisung von Vladimir Il`ič Lenin niemand gewagt, ihm auch nur einen Finger zu krümmen“. In: Н.В. Тимофеев-Ресовский. Вернадский и Вернадсколоґия //Воспоминания. Москва ВАГРИУС 2008: 281.

retische Erbe N.I. Bucharins zur Wissenschaftsforschung und zur Wissenschaftsgeschichte ist noch weitgehend unerschlossen und bedarf der weiteren Aufarbeitung.[18] Die Folgen der nach Auflösung des Instituts 1938 vollzogenen institutionellen Trennung in Geschichte der Natur-und Technikwissenschaften einerseits und Sozial-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaften andererseits sind bis heute kaum hinreichend untersucht. In neuerer Zeit geht das Institut für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik der Russischen Akademie der Wissenschaften wieder auf seine Traditionen von 1932 zurück. Es wurde entsprechend dem Beschluss der Vollversammlung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR Nr. 1 am 28. Februar 1932 gegründet, wie man auf der Webseite des Instituts (unter www. IHST.ru) nachlesen kann. Seit 1991 trägt es den Namen von Sergej Ivanovič Vavilov. (Ebenda.)

Die vom Institut für Geschichte der Wissenschaft und Technik unter der Leitung von N.I. Bucharin veröffentlichten Schriften „Archiv für Wissenschafts- und Technikgeschichte" (Archiv nauki i techniki) Bd. I bis IX (1933-1936) sind ein Ausdruck für die kontinuierliche wissenschaftshistorische Arbeit, die vom Institut in Anknüpfung und unter Weiterführung der Arbeiten der KIZ vorgenommen wurde. So wird beispielsweise im Band I (1933) eine Darstellung und Würdigung der Arbeiten der KIZ in einer Chronik vorgenommen. Wörtlich heißt es da:

„Das Institut für Geschichte der Wissenschaften und der Technik wurde 1921 gegründet, auf Initiative von V.I. Vernadskij unter der Bezeichnung „Kommission zur Geschichte des Wissens" (KIZ), eine intensive Aufnahme ihrer Arbeit erfolgte ab 1926."[19] Von der Kommission wurden zwei Serien von Arbeiten herausgegeben: 1) „Trudy KIZ", in denen zumeist monographische Arbeiten erfolgten und 2) Abhandlungen, Sammelwerke, die die Tätigkeit einzelner Wissenschaftler beleuchten. Zu den unter 1. Genannten zählen insgesamt 11 Titel, die nachfolgend aufgeführt werden:

- V.I. Vernadskij. Mysli o sovremennom značenii istorii znanij. 1927.
- Pamjati Bera. 1927.
- B.A. Turaev. Russkaja nauka o drevnem Vostoke do 1917 g. 1927.
- L.S. Berg. Očerk istorii russkoj geografičeskoj nauki (vplot`do 1923 g.)
- A.A. Borisjak. V.S. Kovalevskij, ego žizn`i naučnye trudy. 1928.

18 Einige Fragen werden von der Autorin im Einleitungsbeitrag zu: An den Ursprüngen wissenschaftssoziologischen Denkens. Erstes Drittel des XX. Jahrhunderts. Russland-Sowjetunion. Hrsg. Rose-Luise Winkler. Berlin 2013, aufgeworfen.

19 Vernadksij nahm in der Zeit von 1922-1926 eine Lehrtätigkeit an der Sorbonne wahr. In dieser Zeit konnte er sich der Tätigkeit der KIZ nicht in vollem Umfang widmen.

- V.A. Kistjakovskij. Teorija elektrolitičeskoj dissociacii Areniusa i evocija sovremennoj chimii. 1929.
- V.P. Buzeskul. Bseobščaja istorija i ee predstaviteli v Rossii v XIX i načale XX v. Č I. 1929.
- I.Ju. Kračkovskij. Šejch Tantavi professor S.-Peterburgskogo Universiteta. 1929.
- D.M. Petrusevskij. P.G. Vinogradov, kak social`nyj istorik. 1930.
- O.A. Dobiaš-Roždestvenskaja. Masterskije pis`ma na zare zapadnogo srednevekov`ja i ich sokroviša v Leningrade. 1930.
- V.A. Obručev. Istorija geologičeskogo issledovanija Sibiri. T. I. 1931. (Diese Arbeit ist der erste Band einer fünfbändigen Ausgabe, die bereits vom Institut für Geschichte der Wissenschaft und Technik übernommen und fertiggestellt wird.)
- In der zweiten Serie erschienen 8 Arbeiten zu bedeutenden Wissenschaftlern: 1927 Isaac Newton, M.A. Castren 1927[20], M. Berthelot 1927, V. Thomson. 1928, A.M. Butlerov 1929, Materialien für eine Biographie über A.S. Lappo-Danilevskij. 1929, L. Ja. Sternberg 1930, A.A. Schachmatov 1930.
- Das „Archiv für Wissenschafts- und Technikgeschichte“ (Archiv nauki i techniki) Bd. I bis IX (1933-1936) erschien unter dem Hrsg. Akademiemitglied N.I. Bucharin (Chefredakteur), und weiteren Akademiemitgliedern OM A.A. Boricjak, OM S.I. Vavlov, OM A.M. Deborin, OM B.A. Keller, OM G.M. Krzizanovskij, OM N.S. Kurnakov, OM V.S. Mitkevič, OM S.F. Ol`denburg.
- Wir führen nachfolgend einige Angaben zu den Bänden auf, die ein Bild vom Umfang der geleisteten Arbeiten ermöglichen.

Bibliografie der Gesamtausgabe:
Vyp. 1 (1933), 231 Seiten (4 Karten, 3 Tab., 49 Abb.) Aufl. 1500 Exemplare
Vyp 2 (1934), 350 Seiten (70 Abb.), Aufl. 3000 Exemplare
Vyp 3 (1934), 349 Seiten (68 Abb.), Aufl. 4175 Exemplare
Vyp 4 (1934), 479 Seiten, (83 Abb., 1 Tab., 2 Porträts, 1 Karte)
Aufl. 4175 Exemplare
Vyp 5 (1935), 625 Seiten, Aufl. 3050 Exemplare
Vyp 6 (1935), 434 Seiten, Aufl. 3000 Exemplare
Vyp 7 (1935), 534 Seiten (71 Abb.), Aufl. 3050 Exemplare
Vyp 8 (1935), 482 Seiten, (65 Abb.), Aufl. 3000 Exemplare
Vyp 9 (1936), ca 450 Seiten, Aufl. 3200 Exemplare

20 Im Band ist fälschlich 1917 angegeben (Druckfehler).

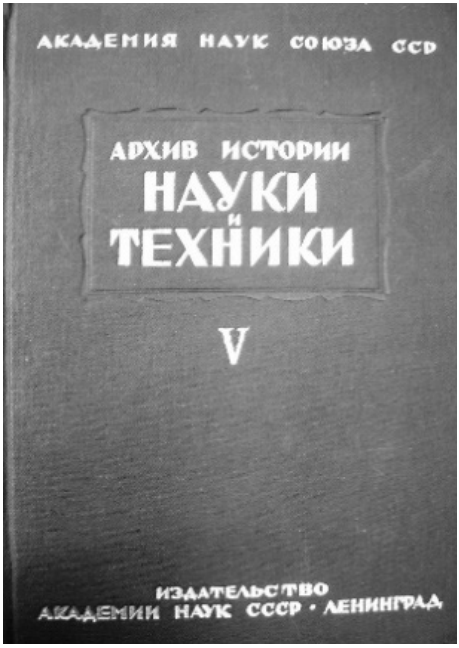


Abb. 3: Titel des Bandes V der Reihe Archiv Wissenschafts-und Technikgeschichte Bd. I-IX 1933-1936[21] *als Beispiel*

Es ist nicht möglich, hier an dieser Stelle auf die Vielfalt der in den Bänden enthaltenen Arbeiten einzugehen. Es handelt sich durchweg um solide auf historischen Quellen beruhende Abhandlungen und Überblicke zur aktuellen Entwicklung auf dem Gebiet der nationalen und internationalen Wissenschaftsgeschichte. Die Bände zeichnen sich durch eine zweisprachige Wiedergabe der Inhaltsverzeichnisse aus: Russisch und Deutsch. Den Beiträgen ist zumeist ein Resümee nachgestellt. Entsprechend der russischen Tradition enthalten sie einen ausführlichen Abschnitt mit Rezensionen. Diese gehen aus dem Inhaltsverzeichnis nicht hervor, ebenso der Inhalt der Literaturübersichten und der Chronik. Eine Chronik über die wichtigsten Ereignisse (Jubiläen, Ausstellungen im In- und Ausland) bildet den Abschluss. In einigen

21 Alle Bände sind in den großen Bibliotheken in Deutschland wieder zugänglich, nachdem sie zeitweilig einer eingeschränkten Nutzung unterlagen: Staatsbibliothek zu Berlin, Humboldt-Universität Berlin, Bibliothek der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

Bänden werden archivalische Kostbarkeiten wiedergegeben: der Briefwechsel von K.F. Gauss (Vyp. III, 1934) an die Petersburger Akademie etwa (deutsch und in russischer Übersetzung), die Kepler`schen Handschriften und Inventarien im Observatorium Pulkowo (Vyp. II, 1934), die Vorgänge um die Wahlen zur Akademiemitgliedschaft D.I. Mendelejews (Vyp. VI, 1935) oder auch die Zeichnungen M.W. Lomonossows (veröffentlicht 1766) zu den von ihm beobachteten Nord- und Polarlichtern in dem Beitrag von D.O. Svjatskij über die Erscheinungen von Nordlichtern in der russischen Literatur und Wissenschaft vom X-XVIII Jahrhundert (Vyp. IV, 1934) und vieles andere mehr. Insgesamt kann man sagen, dass die in Angriff genommenen Arbeiten den Charakter von Jahrhundertaufgaben erreichen, die großenteils auch heute noch in der Arbeit von Wissenschaftshistorikern und speziellen disziplinhistorischen Arbeiten anstehen: Kaum zu glauben, wie diese Entwicklungen abgebrochen wurden und damit wertvolles Gedankengut verloren ging, einfach auch durch die Tatsache, dass viele hervorragende Wissenschaftler Opfer staatlicher Repressionen wurden. Die von ihnen begonnenen Arbeiten wurden in späterer Zeit wiederaufgenommen. Beispiele dafür sind:

- LOMONOSSOW-Ausgabe Gesammelte Schriften
- Messerschmidt-Ausgabe Tagebücher der Sibirien-Expedition 1720-1727 (1934)
- Geschichte der Akademie der Wissenschaften (200 Jahrfeier)
- Expeditionsgeschichte der Kaiserlichen Russischen Akademie (18. / 19. Jahrhundert)
- Geschichte der Wissenschaft in Russland (Lappo-Danilevskij, Aleksandr Sergeevič 1863-1919)
- Technikgeschichte (u,a, 300 Jahre Technikentwicklung in Russland, G. St. Strumilin,
- Vyp. II, III)
- Siebenbändige Werkausgabe Isaac Newtons
  Im Rahmen der siebenbändigen Werkausgabe Isaac Newtons war B.M. Hessen benannt für zwei Bände, darunter die Newton`sche Philosophiae naturalis principia mathematica. (Bd. IX. S. 421-422.) [22]

22 Über die berühmte Arbeit von B.M. Hessen „Die sozialökonomischen Ursprünge der Mechanik Newtons“, der Vortrag, den er auf dem II. Internationalen Kongress für Geschichte der Wissenschaft 1931 in London hielt, wurde auch in der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften bereits berichtet: R.-L. Winkler. Wiss. Mitteilung. Ein unveröffentlichtes Manuskript von Boris M. Hessen: „Materialien und Dokumente zur Geschichte der Physik“ (Druckfahnen – 1936 (?), ca 700 Seiten, russ.).//Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät. Bd. 92/2007: 133-152.

Zu den Autoren des Archivs für Geschichte der Wissenschaft und Technik zählte auch einer der später in der DDR tätigen Begründer der Geschichte der Naturwissenschaft und Technik, Gerhard Harig (1902-1966), Erster Staatssekretär für Hochschulwesen der DDR. Er war auf Einladung von A.F. Ioffe an das Physikalische Institut der TH Leningrad 1933/34 gegangen, wo er später ans Institut für Geschichte der Wissenschaft und Technik an die Akademie der Wissenschaften der UdSSR 1934-1937 in Leningrad wechselte. Er publizierte 1935-1937 eine Anzahl wissenschaftlicher Artikel und Rezensionen (insgesamt 13 Veröffentlichungen) im Archiv für Geschichte der Wissenschaft und Technik.[23] Darauf konnte er in späterer Zeit nach dem Neuanfang nach 1945 aufbauen.

Angesichts der aktuellen Situation in Russland, insbesondere hinsichtlich der Veränderungen in den Strukturen der akademischen Forschung seit Ende 2013, die auch die Wissenschaftsgeschichte betreffen, kann man nur der Hoffnung Ausdruck verleihen, dass die in dieser Hinsicht ruhmreiche Geschichte der Russischen Akademie der Wissenschaften angefangen von der Petersburger Akademie bis zur Akademie der Wissenschaften der UdSSR und nun wieder Russischen Akademie von den staatlichen Organen Beachtung findet und die notwendige staatsmännische Unterstützung erfährt.

Abschließend sei auf einige Fragen aufmerksam gemacht, die in der Gegenwart im Zentrum der Diskussion über das Verhältnis von Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftsforschung zu stellen sind.

Wer kann sich als Wissenschaftshistoriker bezeichnen? Was kann man über die Tätigkeit eines Wissenschaftshistorikers aussagen? In welchem Verhältnis steht die Geschichte einer Wissenschaftsdisziplin zu der Geschichte anderer Wissenschaftsdisziplinen? In welchem Verhältnis steht die Ausbildung in einer konkreten Ausgangsdisziplin in den Naturwissenschaften und/oder in den Gesellschaftswissenschaften zur allgemeinen Geschichte als Disziplin?

Oder zur allgemeinen Wissenschaftsgeschichte? Fragen über Fragen?

---

23 Quelle: Georg Harig und Günter Wendel wiesen bereits 1983 in ihrem bibliographischen Verzeichnis der Veröffentlichungen von Gerhard Harig auf dieses Publikationsorgan hin: Gerhard Harig. Schriften zur Geschichte der Naturwissenschaften. Hrsg.. Berlin1983, S. 344 f.) Vgl. auch Dieter Wittich. Besonderheiten um Leben und Wirken von Gerhard Harig. In: Naturwissenschaftliches Weltbild und Gesellschaftstheorie. Werk und Wirken von Gerhard Harig und Walter Hollitscher. Naturwissenschaften im Blickpunkt von Philosophie, Geschichte und Politik. Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen e.V. 2004. S. 89-106. Literatur: S. 97-99.

Welche Typen von Wissenschaftshistorikern gibt es? Feldforscher, Kärner, Theoretiker, Aktenspezialist, Archivar u.a.

Wie stehen Historiker und Theoretiker der Wissenschaft zueinander? Kann man unter Theoretiker der Wissenschaft den Soziologen, Psychologen, Ökonomen, Philosophen, Politiker u.a. begreifen?

Was verstehen Soziologen, Naturwissenschaftler und Philosophen, die auf dem Gebiet der Science of Science forschen unter Wissenschaftsgeschichte oder unter wissenschaftshistorischem Herangehen?

Gibt es einen Konsens über den wissenschaftshistorischen Diskurs? Und kann es ihn überhaupt geben?

Vladimir Ivanovič Vernadskij hat uns hier in seinen Arbeiten eine unikale Symbiose von historischen Herangehen als Naturforscher vorgeführt, in der naturwissenschaftliches, technisches und gesellschaftswissenschaftliches Wissen zu einem produktiven Ansatz geführt wird, dem es nachzueifern gilt.

Es scheint so, als ob Nikolai Ivanovič Bucharin genau diese Art von Integration von wissenschaftlichem Wissen erfasst hat in seinem Bemühen um die Entwicklung einer empirisch begründeten Wissenschaftsforschung. Es war ihm nicht vergönnt, diese Arbeiten vornehmen zu können. Ein beredter Ausdruck dafür ist unter anderem die Niederschrift einer Reihe von Gedichten von ihm unter Gefängnisbedingungen, die Fragen der Wissenschaft und der wissenschaftlichen Arbeit betreffen.[24] Als Beispiel sei hier ein Gedicht angeführt:

Biosphäre.
geschrieben am Morgen des 9.Juli 1937. Mit freundlicher Genehmigung von Ju.N. Larin wiedergegeben nach: Н.И.Бухарин. Из «Томика стихов» // Узник Лубянки. Тюремные рукописи. М.: АИРО-XXI; РГТЭУ, 2008. (Übersetzung ins Deutsche, Autorin)

24 Diese Gedichte sind vorerst unveröffentlicht: N.I. Bucharin. Преобразование мира. Стихи о веках и людях. (Archiv der Akademie der Wissenschaften Russlands. Eine Erstveröffentlichung eines Teils ist in dem oben genannten Band erfolgt. Es gibt eine Übersetzung ins Englische: The Prison of Nikolai Bukharin. Translated by George Shriver. Calcutta India 2009.

БИОСФЕРА
(Утро 9-VII. 37 г.)

Повсюду жизнь – и жизни сферы.
Бесчисленных живых существ мирьяды
Проносятся в частичке атмосферы,
И в золотой пыли летят монады,
Что видим лишь в микроскопа глаз
И в капле дождевой заключены миры,
Сокрытые природою от нас, -
Им микрокосм несет свои дары.
Моря наполнены планктоном,
И каждый кубик океана влаги,
Пропитан, как своим законом,
Всей музыкой чудесной жизни саги.
И в каждой горсточке земли
Кишат и движутся живые точки.
Повсюду и везде – вблизи, вдали –
Живого вещества подвижные комочки
Земля! Земля! О, малая планета,
От инфузорий жизнью полна
Ты до потомков славного Янета.
И мчишься в космосе, как Творчества волна!

Biosphäre
(am Morgen des 9.Juli 1937)

Allerorts Leben – und Lebenssphären.
Myriaden unzähliger Lebewesen schweben
In den kleinsten Teilchen der Atmosphäre,
Und im goldenen Staub fliegen Monaden,
Die wir nur im Mikroskop sehen.
Im Regentropfen verbergen sich Welten,
Die die Natur vor uns verschließt,
Sie erhalten ihre Gaben vom Mikrokosmos.
Meere angefüllt mit Plankton,
Und jeder cm³ Naß des Ozeans,
Ist durchtränkt, wie von einem Gesetz, der
Ganzen Musik der wundervollen Lebenssaga.
Und in jeder Handvoll Erde wimmeln und
Bewegen sich lebende Pünktchen.
Überall und allerorts – in nah und fern-
Der lebenden Substanz bewegliche Knäule.
Oh Erde! Oh Erde! Du kleiner Planet,
übervoll von Infusorien mit Leben, bis zu den
Nachkommen des ruhmreichen Iapetos.
Und durcheilst den Kosmos, einer Welle der
Schöpfung gleichend!

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 147*

Erik W. Grafarend

System-Analyse der Polbewegung und der Tageslängenänderung

Im statistischen Mittel werden die aller meisten wissenschaftlich-geodätischen Beiträge zum Thema Polbewegung und Tageslängenänderung geschrieben. Zahlreiche innere und äussere Effekte beeinflussen die Drehimpulsbilanz des Planeten Erde, namentlich Polbewegung/Tageslängenänderung. Einen ersten Überblick gibt das wöchentliche Bulletin der IERS ("International Earth Rotation Service"), welches an interessierte Mitglieden der Internationalen Assoziation der Geodäsie (IAG/IUGG) geschickt wird.

Der Vortrag beschäftigt mit einem modernen Zweig der systematischen Analyse, kurz Systemanalyse („System Analysis“) von PoM/LoD („polar motion“, „length-of-day variation“). Auf der Basis der Liouville Gleichung, der Störungstheorie der dynamischen Euler Gleichung des Drehimpulses eines im Allgemeinen deformierbaren Körpers ergibt sich ein inhomogenes System von integrodifferentialgleichungen erster Ordnung.

Unter der Annahme eines viskoelastischen Körpers einer homogen geschichteten Erde („homogeneous spherical shells“) wird der Liouville Operator spektral analysiert. Einem Vorschlag von M. Schneider (München) aus dem Jahre 1999 folgend wird das System von Differentialgleichungen erster Ordnung in ein System von Differentialgleichungen zweiter Ordnung überführt. Die klare Analyse ergibt die folgende Interprätation:

1. Die Polbewegung stellt einen angeregten, gekoppelten, gedämpften elliptischen Oszillator dar,
2. Das Tageslängenänderung wird beschrieben als ein angeregtes, gedämpftes nicht-periodisch bewegtes System.

Lösungen werden im Laplace- und Fourier Gebiet diskutiert. Neue Lösungen betreffen dynamische „Wavelets“ und „Fraktals“.

Vollständige Präsentation:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/04-Grafarend-erg.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 147*

Erik W. Grafarend

System-Analyse der Polbewegung und der Tageslängenänderung

Im statistischen Mittel werden die aller meisten wissenschaftlich-geodätischen Beiträge zum Thema Polbewegung und Tageslängenänderung geschrieben. Zahlreiche innere und äussere Effekte beeinflussen die Drehimpulsbilanz des Planeten Erde, namentlich Polbewegung/Tageslängenänderung. Einen ersten Überblick gibt das wöchentliche Bulletin der IERS ("International Earth Rotation Service"), welches an interessierte Mitglieden der Internationalen Assoziation der Geodäsie (IAG/IUGG) geschickt wird.

Der Vortrag beschäftigt mit einem modernen Zweig der systematischen Analyse, kurz Systemanalyse („System Analysis“) von PoM/LoD („polar motion“, „length-of-day variation“). Auf der Basis der Liouville Gleichung, der Störungstheorie der dynamischen Euler Gleichung des Drehimpulses eines im Allgemeinen deformierbaren Körpers ergibt sich ein inhomogenes System von integrodifferentialgleichungen erster Ordnung.

Unter der Annahme eines viskoelastischen Körpers einer homogen geschichteten Erde („homogeneous spherical shells“) wird der Liouville Operator spektral analysiert. Einem Vorschlag von M. Schneider (München) aus dem Jahre 1999 folgend wird das System von Differentialgleichungen erster Ordnung in ein System von Differentialgleichungen zweiter Ordnung überführt. Die klare Analyse ergibt die folgende Interprätation:

1. Die Polbewegung stellt einen angeregten, gekoppelten, gedämpften elliptischen Oszillator dar,
2. Das Tageslängenänderung wird beschrieben als ein angeregtes, gedämpftes nicht-periodisch bewegtes System.

Lösungen werden im Laplace- und Fourier Gebiet diskutiert. Neue Lösungen betreffen dynamische „Wavelets“ und „Fraktals“.

Vollständige Präsentation:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/04-Grafarend-erg.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 149–157*

Viktor Mairanowski und Bella Lurik

Chemie, Ökologie, Gesundheit, Mensch

Die Arbeitskontakte der Wissenschaftlichen Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin (*WiGB*) mit Mitgliedern der Leibniz-Sozietät begannen in den Jahren 2002-2003 beim Seminar „*Alexander Fridman und sein wissenschaftliches Erbe*“. Damals trat mit einem vorzüglichen Vortrag Professor Karl-Heinz Bernhardt auf. Bei diesem Seminar haben wir auch den Jubilar, Professor Heinz Kautzleben, kennengelernt.

Beginnend mit dem *Einstein-Jahr 2005* gab es regelmäßig gemeinsame Projekte und Veranstaltungen. Das jüngste Beispiel ist das über drei Jahre laufende Projekt zum 150. Geburtstag von Vernadskij.

Abb. 1: Bei der Vorbereitung des Vernadskij-Projektes 2013 in der WiGB in Berlin, Oranienburger Str. 31, 5. Dezember 2012; v.l.n.r: Bella Lurik, Heinz Kautzleben, Peter Kühn, Viktor Mairanowski

Enthusiast und Hauptorganisator des Projektes war Heinz Kautzleben. Im Dezemberheft 2013 der Zeitschrift „Noosfera“ wurden unsere Arbeiten veröffentlicht [1], [2]. Und heute freuen wir uns besonders, am Kolloquium der Leibniz-Sozietät zu Ehren von Professor Kautzleben teilzunehmen.

Für die heutige Veranstaltung haben wir drei Arbeiten ausgewählt. Sie wurden von Mitgliedern unserer Gesellschaft in verschiedenen Jahren durchgeführt und haben direkte Beziehungen zum Rahmenthema des heutigen Kolloquiums „*Im Mittelpunkt steht der Mensch*“. Die Umstände haben es mit sich gebracht, dass sie nicht bekannt wurden, sie durften nicht veröffentlicht werden: Wir lebten in einer geteilten Welt. Jetzt wurden diese Arbeiten zugänglich.

(1) Wir beginnen mit dem Begriff *„Mikrobenjäger“,* diese Bezeichnung geht aus dem wunderbaren, weltweit – auch in der UdSSR bekannten Buch von Paul de Kruif hervor.

Dr. Bella B. Lurik und Mitarbeiter: Das Desinfektionsmittel „Gilen“.

Gegenstand ist die Veröffentlichung über das gesperrtes Urheberzeugnis der UdSSR (UdSSR Patent) [3]. Es geht um ein Präparat mit dem Name „*Grilen*“ (zuerst „*GriLen*“), das vor 30 Jahren entwickelt wurde. Es enthält Wasserstoffperoxid und quaternäre Ammoniumsalze (QAS) (R_1, R_2, R_3, R_4) $N^+ Cl^-$. Eine solche Kombination zeigte eine außerordentlich hohe Aktivität. Entsprechend fand *Grilen* ein weites Anwendungsgebiet: für die Desinfizierung und Sterilisierung chirurgischer Instrumente, medizinischer Geräte, verschmutzter Oberflächen u.a. Und nicht nur auf der Erde, sondern auch im Kosmos.

In dem nahe Moskau gelegenen Wissenschaftlichen Zentrum Tschernogolovka fand 1991 das Erste Allunion-Symposium über Chemie der Peroxokomplexen statt. Dort wurde in einem Vortrag sowohl über die neuen Ergebnisse, die in der Chemischen Abteilung des Allunions-Forschungsinstitutes für Desinfektion und Sterilisiation (VNIDIIS) erzielt wurden als auch über das neue sehr wirksame Präparat „Gilen“ berichtet. Es trug vor Frau Bella Lurik, als führende Mitarbeiterin der genannten Abteilung. In einer Konferenzpause kontaktierte sie die Konferenzteilnehmerin Dr. I.L. Orlova aus dem Institut IKI (das damalige Institut für kosmische Forschungen, heute Gagarin-Institut für Kosmische Forschungen). Sie berichtete über Probleme, mit denen die Kosmonauten unerwartet konfrontiert wurden.

Schon die ersten Weltraumflüge zeigten eine außerordentlich schnelle Vermehrung von Mikroorganismen in den Raumschiffen, die sich um ein

Vielfaches schneller als auf der Erde vollzog. In den Raumschiffen wurden die Geräte unbrauchbar. Daraufhin wurden weitere Treffen vereinbart.

СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1253015

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:

"Бактерицидное средство"

ЛУРИК Белле Бенционовне
и другим, указанным в описании

Заявитель: ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ДЕЗИНФЕКЦИИ И СТЕРИЛИЗАЦИИ

Заявка № 3777820 Приоритет изобретения 6 августа 1984г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

22 апреля 1986г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

Abb. 2: Für die Veröffentlichung gesperrtes Urheberzeugnis der UdSSR 1253015/ 06.08.1984, „Das Desinfektionsmittel“[3]

Zu Bella Lurik in VNIDIIS kamen Spezialisten von *IKI* und übernahmen schnell die Erfahrungen des VNIIDIS. Mit dem Präparat *Grilen* erhielten sie ausgezeichnete Ergebnisse. Und das Problem war gelöst. Diese Episode war kein Zufall. Wie die langjährige Erfahrung mit der Raumstation *MIR* und auch der Internationalen Raumstation *ISS* belegen, verursachen Mycelial-Pilze und -Bakterien irreversible Schäden an Geräten sowie Lebenserhaltungssystemen und erzeugen Gefahren für die Gesundheit der Kosmonauten [4].

Wir können mit Stolz berichten: die Raumschiffe wurde daraufhin mit einem Kontroll-Satz komplettiert, der den Oberfläche Luftkeimsammler (SAS), eine Petrischale und ein nährstoffreiches Medium auf der Basis des

Präparats „Gilen“ enthielt und in fast 20 Jahren bis 2007 war *Grilen* als ein Standard Desinfektionsmittel im Kosmos etabliert.

Seit 2007 wird in den Raumschiffen ein festes Präparat *Okades* verwendet [5], das analog zum Präparat *Grilen-B* wirkte und in den Jahren 1989 - 1991 ebenfalls von Bella Lurik und ihren Mitarbeitern entwickelt wurde [6].

Abb. 3: Russischer Desinfektionssatz für Kosmonauten, enthält einen zertifiziert SAS, (Oberfläche Luftkeimsammler), Petrischale und nährstoffreiches Medium [4]

(2) Vom *„Mikrobenjäger"* zu den *„Insektenjägern“* und *„Zeckenjägern“*.

Die zweite Arbeit ist von Dipl. Biol. Vladimir Ya. Etin: Die aktive Anlockung er Zecken und Mücken durch einen autonomen Fallenkomplex [6].

Zecken sind gefährliche Virusträger, ihre Zahl muss unbedingt verringert werden. Allein in Deutschland erkrankten durch die von ihnen übertragene Borreliose mehr als halbe Million Menschen. Zum andern haben die Zecken eine große ökologischer Bedeutung, speziell als Faktor zur zahlenmäßigen Unterdrückung einiger Arten von Nagetieren. Die Anwendung von chemischen Mitteln für die Bekämpfung der Zecken beeinträchtigt Flora und Fauna, führt zur Störung der Balance der lebenden Organismen. Eigene Beobachtungen und Arbeiten anderer Akarologen (Milbenforscher) führten Vladimir Etin zu der Schlussfolgerung, dass Zecken nehmen die schwachen akustischen Felder des Säugetieres wahrnehmen, d. h. sie bemerken die Vi-

bration des Körpers selbst, aber auch die Vibration des Bodens bei der Fortbewegung des Säugetieres.

Unter Nutzung der Vibrationsempfindlichkeit der Zecken und der Frequenzabhängigkeit der Kommunikation und unter Anwendung entsprechender Frequenzparameter erarbeitete der Autor in mehrjähriger Arbeit ein effektives akustisches Verfahren und ein Gerät für die Bekämpfung der Zekken und anderer gefährlicher Insekten [7]. Das Gerät ist autonom und geeignet für die Fernsteuerung. Gemeinsam mit der akustischen Strahlung für die Anziehung der Insekten werden in dem Gerät speziell ausgewählte natürliche Attraktante eingesetzt.

(3) Und endlich, von den Mikroben und Insekten zum Menschen, zur Produktion von Vitamin C.

Dr.habil. Viktor G. Mairanowski, Dipl.- Ing. Isaac G. Gitlin, u.a.: „Способ получения диацетонкето-L- гулоновой кислоты (Verfahren für Erhalten von Diazetonketo-L-Gulonsäure)“,

Vor 80 Jahren wurden in der Schweizer Firma *Hoffmann-La Roche* 50 kg Vitamin C produziert. Das war die historisch erste industrielle Synthese von Vitamin. Der Autor des Verfahrens war *Tadeus Reichstein* aus der *ETH Zürich* (Nobelpreisträger 1950). Mit dem *Reichstein-Verfahren* (in letzter Zeit mit mikrobiologischer Modifikation) wird das gesamte Vitamin C produziert – in der Welt sind das Zehntausende Tonnen pro Jahr. Mangel an Vitamin C in der Nahrung führt zu der schweren Krankheit Skorbut. In der UdSSR gehörte Vitamin C zu den „*strategischen*“ Produkten.

Ein Engpass der *Reichstein-Synthese* ist das 3. Stadium, die Oxidierung von Alkohol RCH_2OH zur Carbonsäure RCOOH (d.h. Diazeton-L-Sorbose zur Diazeton-2-keto-L-Gulon-Säure):

$$RCH_2OH + \mathbf{Ox} \rightarrow RCOOH \qquad (1)$$

Im originalen Schema war das Oxidant (**Ox**) Kaliumpermanganat $KMnO_4$, ein defizitäres und teures Agens; es wurde dann praktisch überall durch billiges Natriumhypochlorit NaClO ersetzt. Aber letzteres erhält man durch die Chlor-Elektrosynthese, die mit ernsten ökologischen Gefahren verbunden ist, und aus diesem Grund soll die Produktion von bewohnten Zonen weit entfernt sein.

Eine äußerst verlockende Idee war, ein Verfahren zur <u>direkten</u> elektrochemischen Oxidation zu finden und damit chemische Oxidanten auszuschließen, an Stelle der Elektrolyse für NaClO Gewinnung:

$$RCH_2OH + \textbf{Anode} \rightarrow RCOOH \quad (2a)$$

$$OH^- + \textbf{Anode} \rightarrow O_2 \quad (2b)$$

Hierbei entstehen aber große Schwierigkeiten. Der nötige Prozess (2a) wird zu 90 % (!) „abgeschlachtet“ durch den nebensächlichen Prozess der Bildung von Sauerstoff (2b): Praktisch die ganze Elektroenergie geht „in die Luft“. Anfang der 1980er Jahre übernahm die Führung zur Lösung dieser Aufgabe wieder das Team *ETH Zürich + Hoffmann-La Roche*; die letztgenannte Firma hatte nach wie die weltweite Führung auf dem Gebiet der Vitamin C- Produktion. Sie lösten die Aufgabe durch eine scharfe, mehr als zehnfache Senkung der Produktivität: Der Prozess wurde bei niedrigem Anodenpotential durchgeführt. Die Senkung der Produktivität kompensierten sie durch Anwendung einer speziellen Elektrolyse-Zelle mit sehr großer Oberfläche von Nickelfolie (der sog. „*Swiss roll-Zelle*“) [8]. Wie die Zukunft zeigte, kam dieses Verfahren weiter nicht zur industriellen Anwendung.

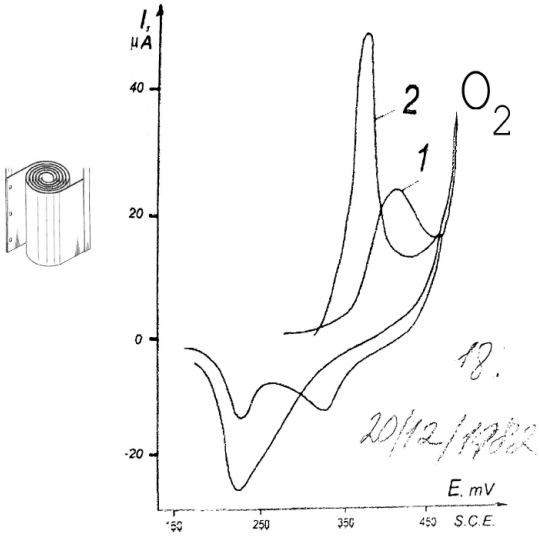


Fig. 1 Cyclic volammogramms: Ni electrode, v=5 mV/s, 0.05 M NaOH, 0.002 M $NiSO_4$, 40 °C. *1* without NH_3, *2* in the presence of 0.02 M NH_3

Abb. 4: Cyclische Voltamogramme: Ni-Elektrode, v= 5mv/s; 0,05M NaOH, 2mM $NiSO_4$, 40° C. 1 – Ohne Katalysator; 2 – mit 0,02M Ammoniak [10], Links: Einrichtung von „Swiss roll-Zelle“) [8]

Ohne das alles zu kennen, befassten wir uns im All-Unions-Vitamin Forschungsinstitut (*VNIVI*), auch Anfang der 1980er, mit dieser Aufgabe, gingen sie aber auf andere Weise an. Wir versuchten, die Geschwindigkeitsrelation (2a)/(2b) mit Hilfe eines selektiven Katalysators zu erhöhen**:** es ging um die Kinetik von zwei konkurrierenden elektrochemischen Reaktionen. Dazu kamen einige Ideen, und wir entdeckten die hohe selektive katalytische Aktivität von Amino-Verbindungen, beginnend bei Ammoniak. Die katalytische Wirkung war zuerst in elektroanalytischen Experimenten eindeutig festgestellt worden. Auf Abb.4 ist eines der ersten erfolgreichen Cyclovoltamogramme dargestellt. Es zeigt starkes Wachstum der katalytische Aktivität von Ni-Anode bei niedrigen Anodenpotentialen, wenn die Sauerstoffentwicklung praktisch noch nicht stattfindet.

Und mit Hilfe der Amino-Verbindungen konnten wir jetzt **Ox** in der *Reichstein-Synthese* (1) zu entgehen. Später wurde ein noch aktiverer Katalysator, das Trilon B gefunden.

Aller Wahrscheinlichkeit nach beschränkte sich unsere Erfindung für lange Zeit auf den für die Veröffentlichung gesperrtes Urheberzeugnisse: Zu Beginn der 1980er Jahre war die Produktion von Vitamin C in der UdSSR mit großen Reserven gewährleistet und Vitamin C wurde exportiert (Sozialistische Staaten, Indien, u.a). Die Hauptherstellerbetriebe, die Vitamin-Kombinate in Bolochowo und Belgorod nutzten dabei Natriumhypochlorit, das Vitamin-Werk in Ioschkar-Ola, das innerhalb der Stadtgrenzen war, arbeitete mit Kaliumpermanganat. Trotz der weltweit reichsten Reserven von Braunstein-Rohstoff für die Herstellung von Kaliumpermanganat (Lagerstätten in Nikolskoje/Ukraine und in Tschiatura/Georgien) versorgte die $KMnO_4$-Industrie in der UdSSR die Bedürfnisse der Volkswirtschaft nicht vollständig; die Hauptmenge von $KMnO_4$ kam aus China. Wegen der heftigen Verschärfung der Beziehungen zwischen UdSSR und China wurde die Lieferung KMnO4 in die UdSSR aus China Anfang 1980 vollständig eingestellt. Die Produktion des Joskar-Ola-Vitamin-Werkes war bedroht und musste heruntergefahren werden.

In dieser Phase, d.h. wegen „*chinesische Ereignisse*“, erwies sich das von uns entwickelte elektrochemische Verfahren als äußerst wertvoll. Schon 1984, zwei Jahre nach Beginn unserer Arbeit, wurde, durch die entscheidende Mitwirkung des Hauptingenieurs des Joschkar-Olinsker Vitamin-Werkes, *Sergej Rozanov,* das Verfahren in diesem Werk in die industrielle Nutzung überführt.

N	Parameter	ETH Zürich und Hoffmann-La Roche [8][a]	VNIVI und Joschkart-Ola Vitamin Werk [9, 10][b]
1	Kapazität, DAG t/Jahr	750	1500
2	Regime	Kontinuierliche	Kontinuierliche
3	Elektrolyser	„Swiss-roll“	Bipolar ungeteilte Zelle
4	Material von Anoden	Nickelfolie	Rostfreie Stahl
5	Elektrolyte	NaOH + Ni2+	NaOH + Ni2++ TrilonB
6	Anode-Stromdichte A/dm2	0,4	7,0
7	DAG-Produktivität kg/m2h	0,043	1,1
8	DAG Ausbeute	93	93
9	Strom- Effizienz	Erträglich	70
10	Anoden Korrosions-beständigkeit	Erträglich	Sehr hoch
11	Betrieb Zeitraum	Keine Daten	10 Jahre

[a] Pilot-Produktion
[b] Industrielle Produktion

Tabelle 1: Pilotverfahren und Industrielle Synthese von Diazeton-2-keto-L-Gulon Säure (DAG)

Dies war eine der größten in der UdSSR/Russland organischen Elektrosynthese, geschützte mit mehreren für die Veröffentlichung gesperrten Urheberzeugnissen [9]. Sie existierte zehn Jahre lang und wurde erst1994 im Zusammenhang mit der Einstellung der Produktion von Vitamin C in Joschkar-Ola gestoppt.

Zum ersten Mal veröffentlichten wir einen Artikel über diese Arbeit nach dreißig Jahren [10]. Aus heutiger Sicht kann sich der damals gefundene Katalysator als nützlich erweisen für Alkohol-Sensoren, für die Schaffung von Stromquellen (Effektive elektrochemische Oxidation von Alkoholen), etc.

Vollständige Präsentation:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/13-Mairanowski.pdf

Literatur

1 Каутцлебен Х (2013). От минерала к ноосфере, Итоги научной конференции, посвященной жизни и творчеству академика Вернадского, Ноосфера (2013) №3, 192

2 Майрановский В.Г. (2013. Академик Вернадский – ученый и организатор науки в России и СССР, Ноосфера (2013) №3, 216

3 Lurik B.B., Limanov V.E. u.a. (1984). Das Desinfektionsmittel, Urheberzeugnis der UdSSR 1253015/
06.08.1984

4 Викторов А.Н., Новикова Н.Д. . и др. (2006). Авиакосмическая и экологическая медицина (1998) № 2, 61; Novikova N.D., de BoeverP, Poddubko S.V., Res. Microbiol. (2006) 157, 5

5 Поддубко С.В (2007). Защита оборудования орбитальных станций от микробиологических повреждений, Автореф. дисс. канд. биол. наук ,Институт Медико-биологических проблем РАН, 2007. (Schutz der Ausrüstung von Umlaufstationen Raumschiffe vor d en mikrobiologischen Beschädigungen, Dissertation, Dr. Biol. (RF), M., 2007

6 Лурик Б.Б., Обухова Н.В. (1989). Абрамова И.М., и др., Активация перекиси водорода, создание твердых препаратов. //Современные методы и средства дезинфекции и стерилизации. Сб. науч. тр. М., 1989. с. 23

7 Etin V.Ya, (20139: Patent der Russ.Föd. 2 459 409 C 2/ 2010; Patentanmeldung DE 10 2011 118 814 A 1/23.05.2013

8 Seiler P, Robertson P.M. (1989). Chimia (1982) 36, 305; Robertson P.M., Berg P.,Reimann H. u.a., J. Electrochem. Soc. (1983) 130, 591

9 Mairanowski V.G., Gitlin I.G., Rosanov S.A. (1983 – 1987). Urheberzeugnisse NN 1189203, 1215340, 1216974, 1256397, 1302852, 1336477, 1338453, 1448623 / 1983-1987

10 Mairanovsky V.G., Gitlin I.G., Rosanov S.A., J. (2012). Solid State Electrochem (2012), 16, 2399

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 159–166*

Rainer Kind

Strukturen in der Mantellithosphäre – die Entstehung der Kontinente

Plattentektonik

Die Idee einer harten Gesteinsschicht (der Lithosphäre) über einem weicheren Substratum (der Asthenosphäre) ist fundamental für die moderne Plattentektonik, obwohl diese Ansicht viel älter ist (Barrell 1914). Sie beruht auf Beobachtungen wie der Hebung Skandinaviens, die man damit erklärte, dass eine mächtige Eisschicht die elastische Lithosphäre in die plastische Asthenosphäre gedrückt hatte. Nach dem Abschmelzen der Gletscher am Ende der Eiszeit erhob sich die Lithosphäre auf Grund ihrer Elastizität wieder (siehe Abb.1). Die Lithosphäre gliedert sich in eine kontinentale und eine ozeanische Lithosphäre. Die ozeanische Lithosphäre ist höchstens 200 Millionen Jahre alt und circa 100km mächtig, während die Lithosphäre der Kerne der Kontinente mehr als vier Milliarden Jahre alt sein kann und circa 200km mächtig ist. Die Lithosphärenplatten sind nicht ortsfest sondern sie wandern über die Erdoberfläche. Diese Wanderungen wurden zuerst von Alfred Wegener (1880-1930) auf Grund geophysikalischer und geologischer Beobachtungen erkannt und als „Kontinentaldrift“ bezeichnet (Wegener 1912). Wegener wurde über ein halbes Jahrhundert von den meisten Geologen nicht akzeptiert bis Anfang der sechziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts seine Theorie als neue „plate tectonics“ eine Auferstehung erlebte. In Abb.2 sind die Bewegungen der Platten dargestellt, so wie sie sich zur Jetztzeit aus Satellitenbeobachtungen ergeben. Arthur Holmes (1890-1965) erkannte als erster Anfang des vorigen Jahrhunderts, dass Strömungen im Erdmantel für die Drift der Kontinente verantwortlich sein könnten (siehe Abb.3). Er kam damit den heutigen Vorstellungen schon ziemlich nahe.

Der Ursprung der Platten

Über den Ursprung der Platten wird angenommen, dass im Archaikum vor etwa 4 Milliarden Jahren, zu Zeiten einer heftigeren Mantelkonvektion, zunächst durch Abkühlung und Verarmung an schwereren Elementen an der Erdoberfläche eine dünne, quasi ozeanische Lithosphäre entstand, die relativ schnell immer wieder im Mantel versank (subduzierte). Wie konnte es kommen, dass gleichzeitig auch dickere und kältere Lithosphärenblöcke entstanden, die der Subduktion widerstehen konnten und seit Milliarden von Jahre existieren? Diese Frage ist heute immer noch eine der wichtigsten ungelösten Fragen der Geologie. Es gibt im wesentlichen zwei Hypothesen für die Entstehung der Kontinente (siehe Abb.4). Eine Hypothese besagt, dass sich heißes aus dem tiefen Mantel auf strömendes Material (Plumes) sich zu einer mächtigen Schicht aufbauen könnte und dass sich immer wieder neues Material von unten anlagert. Die Entstehung der Hawaii Inseln könnte eine Ähnlichkeit zu dieser Hypothese haben. Die zweite Hypothese besagt, dass sich ozeanische Platten übereinander schieben und dabei eine dickere Platte aus leichtern Anteilen bilden könnten. Ein Beitrag zur Frage welche Hypothese geeignet ist, könnte die Suche nach Strukturen in der kontinentalen Lithosphäre sein, die auf eine mögliche fossile Subduktion hindeuten. Solche Strukturen sind tatsächlich gefunden worden. Mit Hilfe sprengseismischer Messungen wurde unter Skandinavien und unter Kanada bis zu 100 km Tiefe geneigte seismische Zonen sich plötzlich ändernder seismischer Geschwindigkeiten (Diskontinuitäten) entdeckt, die als Reste fossile Subduktion interpretiert wurden.

Eine Methode zur Abbildung von Strukturen in den kontinentalen Platten

Im letzten Jahrzehnt hat sich eine neue Methode zur Abbildung von Strukturen im oberen Erdmantel durchgesetzt: die S Receiver Function Methode (Kind et al. 2012). Diese Methode nutzt seismische Scherwellen (S Wellen) von weit entfernten Erdbeben, die an einer Diskontinuität unter einer Erdbebenstation zu Kompressionswellen (P Wellen) konvertiert werden. P Wellen laufen schneller als S Wellen, deshalb sind die im oberen Mantel konvertierten Wellen zeitlich vor der S Welle zu finden. Diese Daten werden auf geeignete Weise summiert und machen dann Strukturen im oberen Mantel sichtbar. Das Filterkriterium ist dabei der Einfallswinkel der konvertierten Wellen an

der seismischen Station. Die konvertierten Wellen sind sehr schwach, deshalb werden Daten vieler seismischer Stationen gebraucht.

Die Lithosphäre unter Nordamerika

Ein sehr großes seismisches Projekt ist das USArray Projekt in den Vereinigten Staaten (www.usarray.org). In diesem Projekt registrieren viele hundert Stationen kontinuierlich das seismische Wellenfeld über das gesamte Gebiet der USA (siehe Abb.5). Diese Daten stehen jedem Nutzer kostenlos zur Verfügung. In Abb.6 sind ca. vierzigtausend Erdbebenregistrierungen um den Einsatz der S Wellen dargestellt. Deutlich sind Signale vor den S Wellen zu erkennen, aus denen an Hand ihres Einfallswinkels diejenigen herausgefiltert werden, die von Diskontinuitäten im oberen Mantel verursacht wurden. In Abb.7 sind vier West-Ost Profile durch Nordamerika dargestellt. Verschiedene Strukturen sind mit unterschiedlichen Symbolen markiert. Die gestrichelten Linien wurden als Unterkante der flach liegenden Laramide Subduktionszone interpretiert, die vor 70-80 Millionen Jahren aktiv war. Sie reicht weit in die zentrale USA hinein, unter Regionen proterozoischer und archaischer Kruste. Diese Beobachtungen sind ein klarer Hinweis darauf, dass eine großräumige flache Subduktion einer jüngeren Platte unter eine ältere existieren kann. Die Struktur der Laramide Platte ist sehr kompliziert. In den Profilen a) und d) sehen wir einen klaren geneigten Verlauf der Platte nach Osten, während dazwischen, auf den Profilen b) und c) die Laramide Platte nach Westen geneigt ist (magenta Plus Zeichen). Das könnte durch Risse in der Platte und durch ein Absinken (Delamination) eines großen Teils der Platte verursacht sein. Komplizierte Strukturen von Subduktionszonen sind nicht ungewöhnlich. Es ist bekannt, dass z.B. der westliche Teil der Subduktion unter den Alpen nach Süden geneigt ist, während sich der östliche nach Norden neigt. In Abb.7 ist ein aus den Daten hervorgegangenes Cartoon der Mantellithosphäre des nordwestlichen und zentralen Nordamerika dargestellt. Die Struktur ist sehr kompliziert. Sie wird im wesentlichen beherrscht von der aus dem Westen flach einfallenden Subduktion der Laramide Platte. Im Osten sind die Strukturen noch nicht klar zu erkennen, da hier der vollständige Datensatz noch nicht ausgewertet ist. Auffallend ist, dass in Abb.7 der Yellowstone Vulkan sich direkt auf der Bruchstelle der Lithosphäre befindet. Das könnte ein Hinweis dafür sein, dass der Vulkanismus durch die Delamination hervorgerufen wurde und nicht durch einen Plume (siehe z.B. Fouch 2012).

Schlussfolgerung

Die bisher am höchsten auflösende Analyse der Lithosphäre unter Nordamerika zeigt deutliche Anzeichen für fossile Subduktion, was darauf hindeutet dass das Subduction Stacking Modell (siehe Abb.4) ein realistisches Modell für die Entstehung der Kontinente ist.

Wir haben ähnliche Untersuchungen wie in Nordamerika auch in Skandinavien durchgeführt und sind dabei ebenfalls auf geschichtete Strukturen in der Mantellithosphäre gestossen (Kind et al. 2013). Das könnte bedeuten, dass dieses Model auch für andere Krantone gilt.

Literatur

Aulbach, S. (2012). Craton nucleation and formation of thick lithospheric roots. Lithos, 149, 16–30

Barrell, J. (1914). The strength of the Earth's crust. Journal of Geology 22, 655–683.

Fouch, M.J. (2012). The Yellowstone hot spot: Plume or not? *Geology 40,5,* 479-480, DOI:10.1130/focus052012.1.

Gregersen, S. and Voss, P. (2009). Stress change over short geological time: case of Scandinavia over 9000 years since the Ice Age, in: Paleoseismology: Historical and prehistorical records of earthquake ground effects for seismic hazard assessment, edited by: Reicherter, K., Michetti, A. M., and Silva Barroso, P. G., Geological Society of London, Special Publications, 316, 173–178,

Kind, R., Yuan, X. and Kumar, P. (2012). Seismic receiver functions and the lithosphere-asthenosphere boundary, Tectonophysics, 536–537, 25–43

Kind, R., F. Sodoudi, X. Yuan, H. Shomali, R. Roberts, D. Gee, T. Eken, M. Bianchi, F. Tilmann, N. Balling, B.H. Jacobsen, P. Kumar and H.W. Geissler (2013).Scandinavia: A former Tibet? Geochem. Geophys. Geosyst 14*,* 4479–4487, doi:10.1002/ggge.2025

Wegener, Alfred (1912). Die Herausbildung der Grossformen der Erdrinde (Kontinente und Ozeane), auf geophysikalischer Grundlage. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 63: 185–195, 253–256, 305–309.

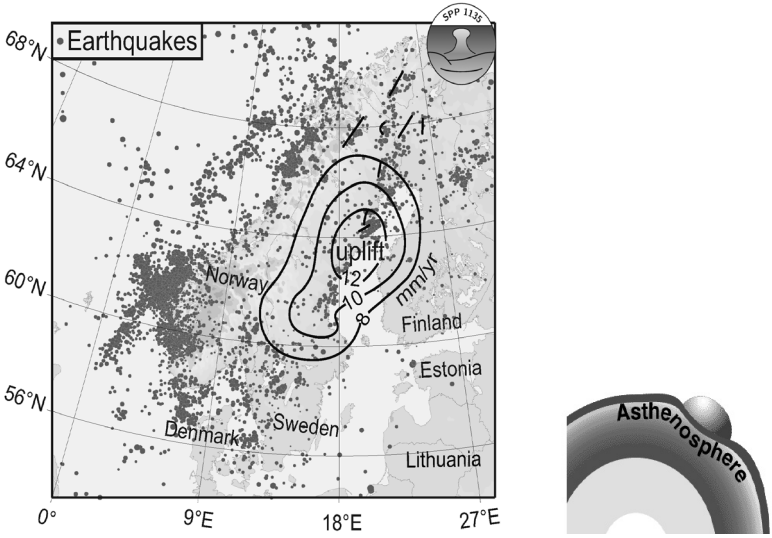


Abb. 1: Links: *Hebungsraten und Erdbeben in Skandinavien (Gregersen and Voss 2009).* Rechts: *Definition von Lithosphäre und Asthenosphäre (graue Schicht: Lithosphäre).*

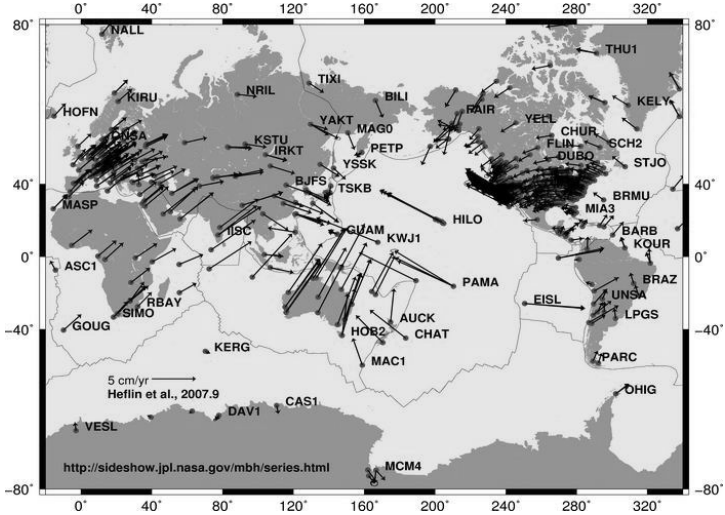


Abb. 2: Mit Hilfe von Satelliten (GPS) beobachtete Bewegungen der Lithosphärenplatten. Pfeile zeigen die Geschwindigkeit und Richtung der Plattenbewegungen an. Die Plattengrenzen sind durch dünne Linien markiert (Quelle: NASA).

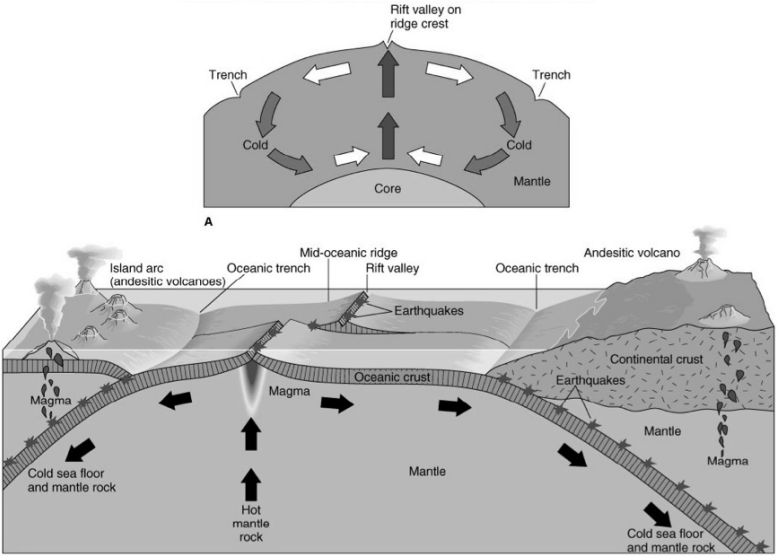


Abb. 3: Grundlage der Plattentektonik ist dieMantelkonvektion (oberes Bild). Auf Grund starker Temperaturunterschiede (und damit Dichteunterschiede) zwischen Erdkern und Erdmantel kommt es zu Aufwärtsbewegungen heißen Materials und zu Abwärtsbewegungen kalten Materials. Diese Strömungen im Erdmantel sind die Ursache für die Verschiebungen der Lithosphärenplatten (unteres Bild). Die ozeanischen Platten sind dünn, entstehen an den mittelozeanischen Rücke und versinken nach geologisch relativ kurzer Zeit bei der Kollision mit kontinentalen Platten oder anderen ozeanischen Platten wieder im Erdmantel. Die kontinentale Platten sind mächtiger und leichter und subduzieren deshalb kaum.

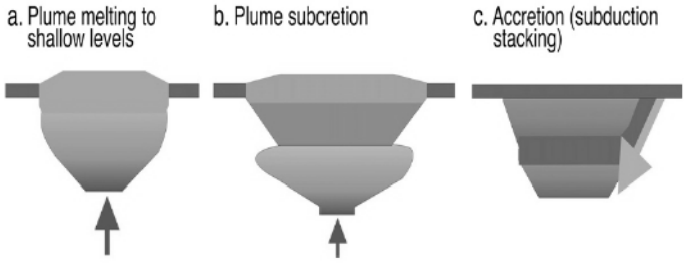


Abb. 4: Hypothese für die Entstehung der Kontinente (Aulbach 2012). Die beiden linken Abbildungen zeigen verschiedene Versionen der Entstehung durch Plumes. Das rechte Bild stellt die Stapelung (Stacking) ursprünglich ozeanischer Platten dar.

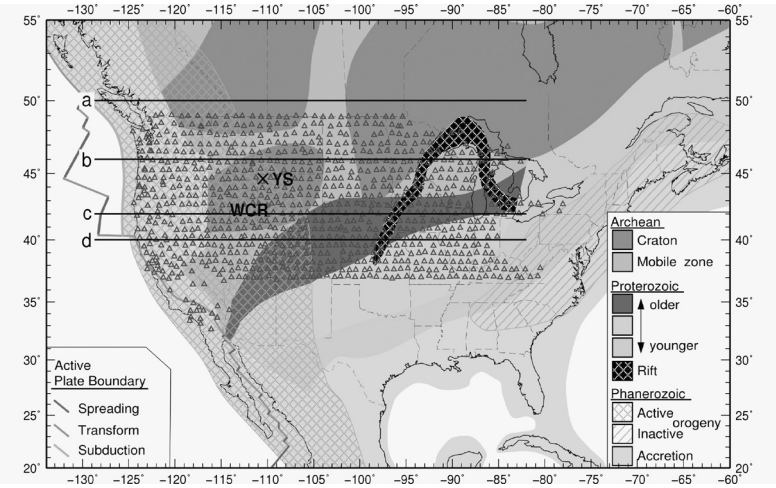


Fig. 5: Geologische Karte der Vereinigten Staaten mit den hier benutzten seismischen Stationen (rote Dreiecke). WCR=Wyoming Kraton, X=Yellowstone, die schwarzen Linien a-c bezeichnen die Lage der seismischen Profile in Abb. 7.

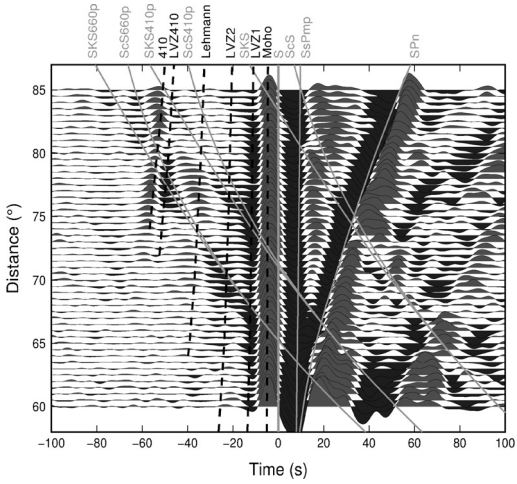


Abb. 6: Summierte seismische Signale von über vierzigtausend registrierten Seismogrammen (USArray Projekt). Die Daten sind nach Vorprozessierungen über jeweils ein halbes Grad Epizentralentfernung summiert. Die Ankunftszeit der S Welle ist bei 0 Sekunden. Eine Vielzahl von seismischen Signalen ist zu beobachten. Zu negativen Zeiten kommen die interessanten konvertierten Signale aus dem oberen Mantel an, zusammen mit anderen störenden Signalen, die heraus gefiltered werden müssen.

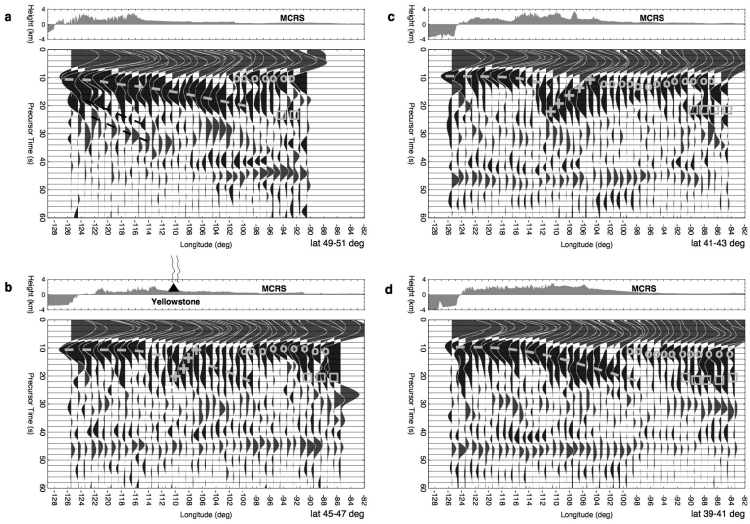


Abb. 7: Seismische West-Ost Profile durch Nordamerika (siehe Abb.5). Über den seismischen Profilen sind die topografischen Profile eingezeichnet, MCRS bezeichnet das Mid Continental Rift System. Die gestrichelten Linien markieren eine von der Westküste bis weit unter den kratonischen Teil der USA abtauchende Unterkante einer Subduktionszone. Es handelt sich wahrscheinlich um die Laramide Subduktion, die vor 70-80Millionen Jahren stattfand.

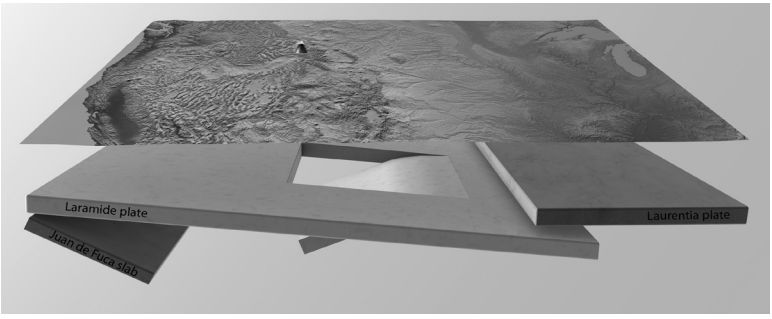


Abb. 8: Cartoon des aus den Receiver Function Daten folgenden Modells der Lithosphäre unter Nordamerika.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 167*

Christoph Sens-Schönfelder

Die seismische Unruhe der Erde – wo kommt sie her und was lernen wir aus ihr?

Wenn die Erde bebt, muss es sich nicht um ein Erdbeben handeln. Angefangen bei dem Bus vor der Haustür über technische Einrichtungen wie Fabriken oder Windräder bis hin zu natürlichen Prozessen wie vom Wind bewegte Bäume und die Brandung an den Küsten verursachen viele Prozess auf der Erdoberfläche Vibrationen, die seismische Wellen anregen. Diese breiten sich im Untergrund genauso aus wie die von einem Erdbeben angeregten Wellen welche der klassischen Seismologie seit mehr als hundert Jahren als Informationsquelle für Untersuchungen des Erdkörpers und des Erdbebenprozesses selbst dienen. Seit nunmehr zehn Jahren aber rücken die von Oberflächenvibrationen angeregten Wellen – das seismische Rauschen – in das Interesse der Seismologie.

Durch die seismische Interferometrie ist es möglich, aus dem von unbekannten, gleichzeitig aktiven Quellen ausgelösten Rauschen solche Wellen herauszufiltern, die dem Laufweg von einem Seismometer zu einem anderen entsprechen. Damit kann an der Stelle eines jeden Seismometers eine virtuelle Quelle erzeugt werden. Mit diesen virtuellen Quellen lässt sich die Auflösung tomographischer Methoden stark erhöhen und macht sie unabhängig von Erdbeben als Signalquellen. Darüber hinaus bietet die permanente Verfügbarkeit des seismischen Rauschens die Möglichkeit zeitlichen Veränderungen in den Ausbreitungseigenschaften der seismischen Wellen mit hoher zeitlicher Auflösung zu beobachten.

In meinem Vortrag werde ich die Grundlagen der seismischen Interferometrie erläutern, auf die Quellen des seismischen Rauschens eingehen und im Besonderen Anwendungen zur Überwachung der Ausbreitungseigenschaften seismischer Wellen vorstellen.

Vollständige Präsentation:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/06-sens-schoenfelder.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 169–170*

Hennes Obermeyer

Ist das Erschließen von Geothermie-Lagerstätten im mittleren Oberrheingraben wirklich eine gute Idee?

Allgemein wird der Oberrheingraben als eines der wenigen prospektiven Gebiet für die Nutzung tiefer Geothermie in Deutschland angesehen. Diese Auffassung wird durch den hohen Kenntnissstand über den geologischen Aufbau des Ober-rheingrabens und die durch hohe Meßdichte belegten Wärmefluß befördert. Letzlich finden sich balneologisch genutzte Thermalquellen besonders an den Grabenrandstörungen in reicher Zahl. Die Überarbeitung neuerer 3D-Seismiken zeigt jedoch einen internen Aufbau des Grabens, der zu einer differenzierten Beurteilung der geothermischen Höffigkeit hinleitet. Flower structures und Sedimentationsdefizite in Interngräben zeigen, dass seit dem Burdigal Teile des Grabens wieder herausgehoben wurden. Gestützt wird dieser Befund durch geodätische Feinnivellements die auf der Westseite des Grabens aktuelle Hebung dokumentieren. Hinzu kommen die Ergebnisse aus elektromagnetischen Messungen, die zeigen, dass die in der 3D-Seismik dokumentierten Verwerfungen ausstreichen und als neotektonisch aktiv zu bewerten sind. Transpessives Spannungsregime führt zur Rotation der Schollen im Gegenuhrzeigersinn und zur Heraushebung an existierenden Störungen. Die Umkehr der Bewegungsrichtung an Bewegungsflächen, die in einem Extensionspannungsfeld entstanden sind, führt dazu, dass in einem transpressiven Spannungsfeld der Spannungsabbau nicht durch Bewegung erfolgt sondern dass Spannung als elastische Deformation gespeichert wird.

Für die Erschließung von Lagerstätten hat dies bedeutende Auswirkungen:

- Erdöl- und Erdgaslagerstätten, die bislang nur in tektonischen Hochlagen gesucht wurden, können auch in tektonischen Tieflagen erwartet werden.
- Für Geothermielagerstätten sollte die zu erwartende Permeabilität an Störungsflächen kritischer als bisher eingeschätzt werden.
- Die mit der Lagerstättenerschließung einhergehende Veränderung des
- Lagerstättendruckes lässt in diesem Spannungsfeld eine deutlich erhöhte Mikroseismizität erwarten.

Die ersten Erfahrungen zeigen im Umfeld neuerer Geothermieanlagen eine erhöhte Mikroseismizität mit Magnituden bis zu 2.5. Der Entstehungsort der Mikrobeben liegt dabei in einer Teufe von 1 bis 3 km und damit in einem Bereich, der durch die Landesseismometernetze nicht aufgelöst und dargestellt werden kann. Gleichzeitig wird erfahrbar, dass solche ultraflache Bodenunruhe auch schon bei geringeren Magnituden wahrnehmbar ist, als dies bei tektonischen Erdbeben zu erwarten wäre.

In einem gesellschaftlichen Umfeld, welches jede Veränderung der Produktionsweise als bedrohlich ansieht, ist die Störung des Nachtschlafes inakzeptabel.

Die Erschließung von Geothermie-Lagerstätten wird deshalb von weiten Teilen der Bevölkerung abgelehnt.

Vollständige Präsentation:
http://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/04/08-Obermeyer-2.pdf

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 171–176*

Rainer Schimming

Theories on the Earth System. Vernadskij, Lovelock and beyond

Abstract

The theories of Vernadskij and Lovelock, similar to each other but with almost 50 years between them, are cornerstones in the formation of the earth sciences. In the present short note we discuss the two doctrines and contrast them with current concepts.

Introduction

The Russian-Soviet geochemist and universal thinker Vladimir Ivanovič Vernadskij (1863-1945) from 1926 on presented an interdisciplinary theory on the earth system and its subsystems which emphasized the role of life on the global scale, and about 50 years later the British biochemist James Ephraim Lovelock (born 1919) presented a similar theory. Both doctrines are built around the key notion biosphere or Gaia, respectively, which denotes the earth together with all the organisms on it. In a sense, Vernadskij anticipated Lovelock's ideas or, the other way round, Lovelock rediscovered Vernadskij's ideas.

Both the authors extended the biosphere or Gaia concept by taking into consideration man and his activities. Vernadskij introduced the notion noosphere, which means realm of reason.

Here we will focus on the innovatory power of the two theories and we will contrast them with a modern conceptual framework. For more details on the work and the life of the two classical authors we refer to the extensive literature.

Comeback of Gaia

James Lovelock elaborated his theory from 1972 on, partially assisted by the American biologist Lynn Margulis (1938-2011) (Lovelock, 1972, 1979,

1988, 2006; Lovelock and Margulis, 1974). He claims (or they claim) that life on the global scale

- not merely passively adapts (according to the biological evolution theory) to the conditions on earth, it moreover actively forms these conditions.
- thereby creates and maintains a favourable for itself environment; it makes the earth a better place for living.
- as a system together with its habitat, the earth, behaves like an organism. Namely, it has a kind of metabolism and it regulates its state through feedback mechanisms.

The organismic analogy instigated Lovelock to call the system earth + life ”superorganism Gaia”. This name was suggested to him by his colleague William Golding (Lovelock, 1972).

Remind that Gaia was the goddess of the earth in ancient Greece. Similar beliefs occurred in other cultures. Myths of mother earth were widespread in the past. The name with a tradition behind stimulated attention for Lovelock’s doctrine, which then became known as Gaia theory or Gaia hypothesis. Other authors modified the meaning. The word ”Gaia” in the literature after Lovelock may mean

- a synonym for ”earth ”.
- the compound system earth + life.
- the latter interpreted as a superorganism or an organism.
- a being with spirit or even with a personality.

In particular, the quasi-religious movement New Age occupied ”Gaia” and interpreted it within a pantheistic picture. Lovelock himself denied any religious or esoteric meaning, but he remained rather impassive towards such tendencies by others (Lovelock et al., 2001).

In our opinion

- it is convenient to have a proper name for the system earth + life.
- to call this an organism can be accepted only as a metapher.
- any supernatural interpretation leaves science and becomes a matter of belief.

Counterarguments arose in the discussions of Lovelock’s claims. In some respects Gaia behaves like an organism, in other respects it does not. It is known from biology that the parts (cells, tissues, organs, …) of a genuine organism typically cooperate with each other. But the parts of Gaia (individuums, populations, species, …) rather often compete with each other or are in an episitism relation (where one part for its benefit harms the other part). It is known from palaeontology that Gaia sometimes deteriorated the conditions for living

(Walker, 2003). Metaphorically spoken, Gaia then became Medea, a destructive bitch. Peter Ward introduced the metapher and discussed several Medea events in the history of our planet (Ward, 2009).

Repeated innovations

Lovelock's theory was not quite new. The Russian scientist V. I. Vernadskij much earlier had developed an analogous theory (Vernadskij 1926; Vernadski 1929; Vernadsky 1945, 1998). Both authors initiated or promoted the following changes of the scientific picture of the earth.

1. From geographic regions to the whole globe, from organisms and ecosystems to the whole kingdom of life, from local to global ecology.
2. From the earth and life on it to a compound, named biosphere by Vernadskij and Gaia by Lovelock.
3. From geological sciences and life sciences to an integrative discipline, called biogeochemistry by Vernadskij, geophysiology by Lovelock.
4. From parallel evolutions of inanimate matter and life to a coevolution which is dominantly driven by life. The heightened role of life is the central claim of the two authors.
5. From an earth-bound to a planetary perspective. It turns out that life just causes the distinguishing features of the earth among the other planets.
6. Recognition of an analogy between an organism on the one hand and the biosphere or Gaia system on the other hand. In our opinion, this is a variant of system-theoretical thinking. System theory is implicit in Vernadskij's work; much later the notions system, input, output, feedback etc. were at disposal for Lovelock.

Vernadskij's biosphere concept became known mainly through a book just on this subject. His opus magnus originally appeared in Russian language in 1926 (Vernadskij, 1926) and already three years later in French (Vernadski, 1929). An unabridged English edition appeared about 70 years later (Vernadsky, 1998). The theme was further elaborated by many papers. The word "biosphere" was coined by the Austrian geologist Eduard Suess (1831-1914), but with another meaning (Andreae, 2012).

Lovelock introduced Gaia in a short article in 1972, then in a paper in 1974 together with Lynn Margulis (Lovelock 1972; Lovelock and Margulis, 1974). Numerous articles and books followed.

Lovelock only with much delay became aware of Vernadskij's pioneering work. Later he acknowledged the predecessor, but he did not systematically compare the two doctrines (Lovelock, 1986).

Strata, scales, mankind

Let us present some conceptual framework for the theories which are discussed here and for other theories on the earth system.

The world exhibits a structure which can be described foremost in terms of space, time and complexity. There are, with increasing complexity, inorganic, organic and human substances, synonymously also called non-living, living and thinking substances. The German philosopher Nicolai Hartmannn (1982-1950) is quite often cited in this context; he coined the name strata (in German: Schichten) for kinds of substance which are discerned by their grades of complexity (Hartmann, 1940). Each stratum (in German: Schicht) has several substrata. Hartmann and other authors elaborated a natural philosophy of strata and substrata.

Unconveniently, the first stratum is characterized as a negation of the second one, it is called inorganic, non-living, or inanimate. Vernadskij proposed a better name: inert matter. Unfortunately, the new term did not find general acceptance.

The inorganic stratum is ubiquitous and eternal, whereas the higher strata are restricted in space and time. According to current knowledge, the living and the thinking strata are confined to the planet earth and to proper time periods. Life appeared on earth about 3.5 billion years ago; this event divides the arrow of time into the azoicum (without life) and the zoicum (with life). The following revolutionary processes mark the evolution of mankind.

a. Man entered the stage about 2 million years ago.
b. History in a strict sense, i.e. with records of what had happened, began several thousands of years ago.
c. At some time, the governance of nature over man was reversed; man became the dominating environmental factor. Vernadskij reflects this turn as the transformation of the biosphere (where life is the dominating factor) to the noosphere (Vernadsky, 1945). The chemist Paul Josef Crutzen (born 1933) introduced the notion anthropocene; it is defined as the era where dominantly man forms the face of the earth. The anthropocene comes after the holocene (Crutzen, 2012).
d. Later, man's activities have run out of control and caused an environmental crisis, characterized by several global problems. Lovelock's Gaia metaphor is well suited to illustrate ecological problems (Lovelock, 2006).

Let us refer in the context of item d) just to two influential books: the one which triggered sensibility towards environmental problems, namely the first report to the Club of Rome (Meadows et al., 1972), and the most advanced proposal how to get out of the ecological crisis (Schellnhuber et al., 2011).

Basic concepts of natural philosophy take man as a point of reference. This is, in particular, the case for the basic notion of nature itself:

culture: = everything which is made by man,
nature: = the complement.

(There are some other meanings of the two terms, but we will not consider these here).

Man is also a reference point in the following trialism, a division of the real world with respect to space and time scales:

mesocosmos: = the world at the human scale,
macrocosmos: = the world at larger scales,
microcosmos: = the world at smaller scales.

The mesocosmos can be perceived by means of the unarmed human senses. Perception of the other scales needs instruments: the macrocosmos is typically observed by means of telescopes, the microcosmos is typically observed by means of microscopes.

Subsystems of the earth system

Here we discuss the structure of the earth system in modern terms. The total system is the planet earth including all matter on or around it. A classification of matter leads to a hierarchy of subsystems. Those are defined as ”envelopes” of the naked planet; the words for the envelopes carry the suffix ”sphere”:

atmosphere: = air envelope,
hydrosphere: = water envelope,
cryosphere: = ice envelope,
lithosphere: = stone envelope,
pedosphere := soil envelope.

These inanimate systems together constitute the geosphere. The latter is the habitat of the two higher strata:

biosphere: = all life on earth,
anthroposphere: = man and his culture.

The geosphere, biosphere, and anthroposphere are studied by the geological sciences, life sciences, and humanities, respectively.

The geosphere and the biosphere together constitute the ecosphere, which is a synonym for the global environment of mankind. Finally, the ecosphere and the anthroposphere together constitute the earth system, the top of the hierarchy. The relation between the ecosphere and the anthroposphere is studied by human ecology.

The modern setting differs from the terminology of the classical authors. Vernadskij's biosphere and Lovelock's Gaia extensionally equal the ecosphere as defined here. Vernadskij's noosphere equals, again extensionally, the earth system. Intensionally, the terms do not coincide; the chosen words appeal on different aspects. In our opinion, anthroposphere (from Greek Anthropos = man) is a better name than noosphere (from Greek nous = reason), because – as we all know – not all human activities are reasonable.

References

Andreae, M. O. (2012). Biochemische Forschung am Kaiser- Wilhelm-/Max- Planck-Institut für Chemie. In: Kant H., Reinhardt, C. (Eds.), 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max- Planck-Institut für Chemie. Max- Planck-Gesellschaft, Berlin, pp. 133-185.

Crutzen, P. (2012). Climate, atmosphere, chemistry and biogenic processes in the anthropocene. In: Kant H., Reinhardt, C. (Eds.), 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie. Max- Planck-Gesellschaft, Berlin, pp. 241-249.

Hartmann, N. (1940). Der Aufbau der realen Welt. W. de Gruyter, Berlin, 320 pp.

Lovelock, J. E. (1972). Gaia as seen through the atmosphere. Atmospheric Environment 6, 579-580.

Lovelock, J. E. (1979). Gaia: A new look at life on Earth. Oxford University Press, New York, 148 pp.

Lovelock, J. E. (1986). Prehistory of Gaia. New Scientist 112, p. 51.

Lovelock, J. E. (1988). The Ages of Gaia. Norton, New York, 300 pp.

Lovelock, J. (2006). The Revenge of Gaia. Penguin Books, London, 222 pp.

Lovelock, J. E., Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. Tellus 26, 1-10.

Lovelock, J., Sheldrake, R., Capra, F., Davies, P. (2001). Der wissende Kosmos. Herder, Freiburg, 158 pp.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. H. (1972). The Limits to Growth. New American Library, New York, 280 pp.

Schellnhuber, H. J., Messner, D., Leggewie, C., Leinfelder, R., Nakicenovic, N., Rahmstorf, S., Schmid, J., Schubert, R. (2011). Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin, 420 pp.

Vernadskij, V. I. (1926). Biosfera. Leningrad, 146 pp. (in Russian).

Vernadski, V. (1929). La Biosphere. Alcan, Paris, 232 pp.

Vernadsky, W. I. (1945). The Biosphere and the Noosphere, American Scientist 33, 1-12.

Vernadsky, V. I. (1998). The Biosphere. Copernicus, New York, 192 pp.

Walker, G. (2003). Snowball Earth. Crown Publishing, New York, 318 pp.

Ward, P. (2009). The Medea Hypothesis. Princeton University Press, Princeton, 180 pp.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *120(2014), 177–178*

Heinz Kautzleben, Mitglied der Leibniz-Sozietät

Schlusswort zum Ehrenkolloquium der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. zum Thema „Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften“ am 11.04.2014 in Berlin aus Anlass meines 80. Geburtstages

Sehr geehrter Herr Präsident,
liebe Kolleginnen und Kollegen der Leibniz-Sozietät,
sehr geehrte Teilnehmer am Kolloquium!

Am Ende dieser mich sehr ehrenden Veranstaltung möchte ich vor allem dreimal Danke sagen:

- Danke für die Gratulationen zum Geburtstag
- Danke allen Mitwirkenden am Kolloquium
- Danke allen Mitstreitern des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät.

Zugleich möchte ich dafür werben, dass unser Arbeitskreis mit dem etwas umständlichen Titel „Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften“ seine Tätigkeit fortführt.

Zum Thema für das Kolloquium wurde auf meinen Wunsch hin gewählt: „Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt- Weltraum- und Astrowissenschaften“.

Das Thema könnte unter drei Gesichtspunkten gesehen werden**:**

- Generell: Die Fortschritte von Forschung und Anwendung der Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum-, und Astrowissenschaften
- Speziell: Die Arbeiten in der Gelehrtengesellschaft, die heute Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e. V. heißt
- Im Ehrenkolloquium aus Anlass meines 80. Geburtstages könnte ich etwas zu meinen eigenen Arbeiten sagen.

Zu meiner eigenen Tätigkeit als Wissenschaftler will ich heute nur folgendes sagen:

Die beiden Jahreszahlen 1957 und 1991 bezeichnen den Anfang und das Ende meines Erwerbslebens. Seit 1979 bin ich Mitglied der Gelehrtengesellschaft, die seit 1993 als „Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V." fortgeführt wird. Sie ist mir zum Treffpunkt mit den Kollegen und Freunden, zur wissenschaftlichen Heimat geworden. Für mein Wirken kann ich drei Motive nennen:

- Ich war Wissenschaftler mit Leib und Seele und bin es unverändert heute noch.
- „Was Du ererbt von Deinen Vätern hast, erwirb es, um es zu besitzen." (J. W. von Goethe, Faust I)
- „Tradition ist nicht das Halten der Asche, sondern das Weitergeben der Flamme." (Thomas Morus, 1478-1535).

Zum heutigen Kolloquium habe ich als Poster die Präsentation „Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät" vorbereitet. Sie kann vollständig auf der Website der Leibniz-Sozietät www.leibniz-sozietaet.de eingesehen werden. Sie bietet

- einen Bericht über unsere Ergebnisse und Erfahrungen
- und viele Anregungen für die weitere Tätigkeit.

Wie eingangs gesagt, möchte ich mein Schlusswort nutzen, um Sie zur Mitwirkung einzuladen.

Als nächste Aktivität bereitet der Arbeitskreis ein wissenschaftliches Kolloquium der Leibniz-Sozietät vor zum Thema „Geodäsie – Mathematik – Physik – Geophysik" anlässlich des 75. Geburtstages von Erik W. Grafarend, Mitglied der Leibniz-Sozietät. Es wird stattfinden am 13. Februar 2015 in Berlin mit Unterstützung durch die Universität Stuttgart.

Ein großes aktuelles Thema mit besonderem Reiz für die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin dürfte sein: „Physische, Ökonomische, Politische (und Kultur-)Geographie der Region Europa und Nordasien vom Atlantik bis zum Pazifik". Wir suchen Interessenten und Mitwirkende. Der Versuch zur wissenschaftlichen Behandlung wird sich lohnen!

Ich wünsche der Leibniz-Sozietät und Ihnen allen weiterhin viel Erfolg!

Poster 1:
Leben im Dienste der Wissenschaft

Die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. würdigt das Wirken ihres Mitgliedes Heinz Kautzleben anlässlich seines 80. Geburtstages

Heinz Kautzleben wurde 1934 in Kelbra am Kyffhäuser geboren. In seiner Kindheit erlebte er noch die Herrschaft des Nationalsozialismus im Deutschen Reich. Seine schulische und die Ausbildung zum Wissenschaftler erhielt er im sowjetisch besetzten Teil Deutschlands bzw. der Deutschen Demokratischen Republik, deren Staatsangehöriger er automatisch geworden war. Er studierte Geophysik an der Universität Leipzig von 1952 bis 1957. Seitdem diente und dient er der Wissenschaft bis heute: als angemessen bezahlter Wissenschaftler in der DDR bis zu deren Untergang und als wissenschaftlich engagierter Altersrentner unentgeltlich in der Bundesrepublik Deutschland. Zu seinem persönlichen wissenschaftlichen Arbeitsgebiet erwählte er die Mathematische Geophysik. Es wurde ihm zur sicheren inhaltlichen Basis, von der ausgehend er die wissenschaftliche Zusammenarbeit über die fachlichen, institutionellen und staatlichen Grenzen hinweg zu fördern suchte.

Als Heinz Kautzleben in sein Berufsleben eintrat, hatte im gesamten Wissenschaftsgebiet, auf dem er arbeiten wollte, weltweit eine stürmische Entwicklung eingesetzt. Charakteristisch sind: Nutzung der künstlichen Erdsatelliten, Paradigmenwechsel zur Plattentektonik und Geodynamik, Digitalisierung mit allseitigem Einsatz von Computern, Übergang zur Systembetrachtung. Seine künftigen Arbeitsstellen und Tätigkeitsbereiche hatten bereits eine lange Entwicklung hinter sich; die Forschungseinrichtungen waren schon im 19. Jahrhundert gegründet worden. Heinz Kautzleben hat die Herausforderungen frühzeitig erkannt und sich ihnen bis in die Gegenwart tatkräftig gestellt – trotz aller politischen Widrigkeiten: es galt, den Anschluss herzustellen und mitzuhalten. Alle großen Entscheidungen, die er herbeigeführt oder selbst getroffen hat, waren wissenschaftlich begründet.

Von 1957 bis 1968 war Heinz Kautzleben in Potsdam wissenschaftlicher Mitarbeiter des Geomagnetischen Institutes, das 1890 gegründet und nach wechselvoller Geschichte 1956 der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (DAW) zugeordnet worden war. Von 1968 bis 1991 arbeitete er in Potsdam und in Berlin-Ost in Führungspositionen der Wissenschaft, vom Be-

ginn der Reform der DAW an bis zur Abwicklung der Akademie der Wissenschaften der DDR.

1968 kommissarischer Direktor des Geodätischen Institutes, das 1870 gegründet worden war und seit 1946 zur DAW gehörte; Mitglied des (1957 gegründeten) Nationalkomitees der DDR für Geophysik und Geodäsie, das für die Mitarbeit der relevanten wissenschaftlichen Einrichtungen der DDR in der International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) zuständig war

1969 Mitbegründer des Zentralinstitutes für Physik der Erde (ZIPE) der DAW mit Hauptsitz auf dem Telegraphenberg in Potsdam – es entstand durch Zusammenschluss der vier DAW-Institute für Geodäsie, Geomagnetismus (beide in Potsdam), Geodynamik in Jena (gegründet 1923) und Geotektonik in Berlin-Ost (gegründet 1946); Direktor des ZIPE-Bereiches Geodäsie und Gravimetrie, von 1973 bis 1988 wissenschaftlicher Leiter dieses Bereiches;

Mitbegründer des DAW-Forschungsbereiches „Kosmische Physik“, der 1974 den Namen „Geo- und Kosmoswissenschaften“ erhielt [1972 Die DAW wird umbenannt in Akademie der Wissenschaften der DDR (AdW der DDR).]

1973 Direktor des ZIPE;

Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rates für die Hauptforschungsrichtung „Physik der Erde“ im gemeinsamen Forschungsprogramm „Geo- und Kosmoswissenschaften“ der AdW und der Universitäten und Hochschulen der DDR

1974 Mitglied des Büros der KAPG = Kommission der Akademien der Wissenschaften der sozialistischen Länder für die multilaterale Zusammenarbeit zum komplexen Problem „Planetare geophysikalische Forschungen“ (die KAPG bestand von 1966 bis 1992)

1975 Secretary of Section V (Physical Geodesy) of the International Association of Geodesy (IAG) of the IUGG, 1983-1987 President of Section V (Geodynamics) of IAG

1979 Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der DDR; Mitbegründer der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften in der Gelehrtengesellschaft der AdW der DDR (gebildet 1981)

1979 Vizepräsident der KAPG

1984 Leiter des Forschungsbereiches „Geo- und Kosmoswissenschaften“ der AdW der DDR, damit Mitglied des Präsidiums der AdW der DDR, weiterhin Direktor des ZIPE;

Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rates für das gemeinsame Forschungsprogramm „Geo-und Kosmoswissenschaften“ der AdW und der Universitäten und Hochschulen der DDR; Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirates des Komitees für die Beteiligung der DDR an der Erforschung und Nutzung des Kosmos für friedliche Zwecke, damit auch stellvertretender Vorsitzender dieses „Koordinierungskomitees Interkosmos“

1986 Ehrenmitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften

1987 Ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften der DDR

1987 2nd Vicepresident of IAG, bis 1991, danach Fellow of IAG

1989 (nach Verabschiedung als Direktor des ZIPE) Direktor des Institutes für Kosmosforschung der AdW der DDR, das ebenfalls zum Forschungsbereich „Geo- und Kosmoswissenschaften“ gehörte; weiterhin (bis 1990) Leiter des Forschungsbereiches und Mitglied des Präsidiums der AdW der DDR

[1990-1991Abwicklung der Institute und Einrichtungen der AdW der DDR]

[1992 Der „Gelehrtensozietät der ehemaligen AdW der DDR“ wird die Anerkennung als Akademie der Wissenschaften in der Bundesrepublik Deutschland verweigert.]

Der Beitritt der beim Untergang der DDR wiedergegründeten ostdeutschen Länder zur Bundesrepublik Deutschland brachte es mit sich, dass Heinz Kautzleben Staatsbürger der Bundesrepublik wurde, ihm aber die Erwerbstätigkeit im öffentlichen Dienst der Bundesrepublik verwehrt wurde und ihm auch keine andere zumutbare Arbeitsstelle als Wissenschaftler nachgewiesen werden konnte. Seitdem bestreitet er seinen Lebensunterhalt mit dem Altersgeld, das ihm nach den rentengesetzlichen Bestimmungen der Bundesrepublik für Wissenschaftler, die in der DDR gearbeitet haben, gewährt wird. An der Pflege und Förderung der Wissenschaften im Interesse der Allgemeinheit beteiligt er sich seitdem unentgeltlich und selbstlos im Rahmen der ihm als Altersrentner verbliebenen Möglichkeiten.

1993 Gründungsmitglied des privatrechtlichen Vereins „Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin“ in Fortführung der 1700 auf Initiative

von Gottfried Wilhelm Leibniz in Berlin als „Brandenburgische Sozietät der Wissenschaften“ gegründeten Gelehrtengesellschaft; seine Interessen gelten sowohl den aktuellen wissenschaftlichen Fragestellungen als auch der Wissenschaftsgeschichte, insbesondere der Geschichte der Gelehrtengesellschaft

1996 ehrenamtlicher Geschäftsführer der „Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät“, bis 2007

2002 Initiator und Sprecher des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät;

seither Organisator von rund 10 ganztägigen wissenschaftlichen Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät, bei Mitwirkung von Gästen und zunehmend in Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Organisationen.

Heinz Kautzleben ist seit 1958 Mitglied der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft. Die Mitgliedschaft ruhte von 1968 bis 1990.

Er war Mitglied in weiteren vier wissenschaftlichen Gesellschaften: Physikalische Gesellschaft der DDR, Gesellschaft für geologische Wissenschaften der DDR, Gesellschaft für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie in der Kammer der Technik der DDR, Gesellschaft für Weltraumforschung und Raumfahrt der DDR. Die Mitgliedschaften in diesen Gesellschaften endeten aus finanziellen Gründen nach deren Vereinigung mit den entsprechenden Gesellschaften der Bundesrepublik Deutschland.

120(2014), 184–224 *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin*

Heinz Kautzleben

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
begründet 1700 als Kurfürstlich Brandenburgische
(ab 1701 Königlich Preußische) Sozietät der Wissenschaften

www.leibnizsozietaet.de

Kolloquium am 11.04.2014 in Berlin

„Im Mittelpunkt steht der Mensch –
Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-,
Weltraum- und Astrowissenschaften“

Arbeitskreis GeoMUWA
11.04.2014

Präsentation

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises
***Geo*-, *M*ontan-, *U*mwelt-,**
***W*eltraum- und *A*strowissenschaften**
der Leibniz-Sozietät

Anfragen an Heinz Kautzleben, MLS,
kautzleben@t-online.de

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Der Arbeitskreis Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften (kurz: Arbeitskreis GeoMUWA) ist ein integriertes Arbeitsgremium der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. (kurz: Leibniz-Sozietät).

Sein **Anliegen** ist es, **in akademietypischer Weise das große Wissenschaftsgebiet** zu **fördern**, das in Gänze durch die im Namen des Arbeitskreises aufgezählten Wissenschaften umrissen wird – sie sind in der Leibniz-Sozietät durch Mitglieder mit entsprechenden Fachgebieten vertreten.

Seit Beginn der auf die Mittel der Raumfahrt gestützten Weltraumforschung ist es üblich geworden, dieses große Wissenschaftsgebiet als „Geo- und Kosmoswissenschaften" zu bezeichnen.

Die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin ist eine Vereinigung natürlicher Personen, der Rechtsform nach ein e.V., vom Charakter her eine Gelehrtengesellschaft. Sie hat ihren Sitz in der historischen Mitte von Berlin, das mit Preußen groß wurde. Die Geschichte der Gelehrtengesellschaft beginnt ein Jahr vor der Selbstkrönung des Kurfürsten von Brandenburg zum König in Preußen. Der Arbeitskreis GeoMUWA ist in der Geschichte der Gelehrtengesellschaft fest verwurzelt.

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Mitstreiter

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

MLS = Mitglied der Leibniz-Sozietät

Der **Arbeitskreis** Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät (kurz: Arbeitskreis GeoMUWA) **basiert auf dem informellen Netzwerk**, an dem gegenwärtig (April 2014) folgende **Mitglieder der Leibniz-Sozietät** (MLS) teilhaben: *(Fortsetzung auf der nächsten Folie)*

Karl-Heinz **Bernhardt**, Berlin, MLS 1993
Fritz **Gackstatter**, Berlin, MLS 2006
Reinhard O. **Greiling**, Karlsruhe, MLS 2010
Jürgen **Hamel**, Bartelshagen, MLS 2001
Dieter B. **Herrmann**, Berlin, MLS 1996
Klaus-Dieter **Jäger**, Berlin, MLS 2004
Heinz **Kautzleben**, Berlin, MLS 1993
Peter **Knoll**, Potsdam, MLS 2009
Günter **Leonhardt**, Gera, MLS 2000
Klaus-Dieter **Bilkenroth**, Hohenmölsen, MLS 2000
Erik W. **Grafarend**, Stuttgart, MLS 2004
Claus **Grote**, Berlin, MLS 1993
Monika **Hardygora**, Wroclaw, MLS 2000
Petr **Holota**, Praha, MLS 2013
Sigmund **Jähn**, Strausberg, **Ehrenmitglied** 2011
Rainer **Kind**, Potsdam, MLS 2012
Jürgen **Kopp**, Seddiner See, MLS 2010
Heinz **Militzer**, Eichwalde, MLS 1999

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

MLS = Mitglied der Leibniz-Sozietät

Der Arbeitskreis Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät (kurz: Arbeitskreis GeoMUWA) basiert auf dem informellen Netzwerk, an dem gegenwärtig (April 2014) folgende Mitglieder der Leibniz-Sozietät (MLS) teilhaben: *(Fortsetzung von der vorigen Folie)*

Wolfgang **Minkley**, Leipzig, MLS 2012
Helmut **Moritz**, Graz, MLS 2001
Hans Joachim **Schellnhuber**, Potsdam, MLS 2001
Jürgen **Schön**, Leoben, MLS 2007
Reimar **Seltmann**, London, MLS 2011
Johannes **Vogel**, Berlin, MLS 2012
Alfred **Zimm**, Glienicke, MLS 1993
Detlev **Möller**, Berlin, MLS 1997
Reinhard **Rummel**, München, MLS 2007
Rainer **Schimming**, Potsdam, MLS 2004
Oliver **Schwarz**, Eisenach/Siegen, MLS 2009
Dietrich **Spänkuch**, Caputh, MLS 1994
Wolfgang **Weiß**, Kreutzmannshagen, MLS 2004

sowie die Träger der Leibniz-Medaille der Leibniz-Sozietät:

Dr. Rainer **Burghardt**, Obritz, 2007
Dr. Peter **Kühn**, Berlin, 2011

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Die obige Liste zum Netzwerk enthält die 4 im Netzwerk noch aktiven Gründungsmitglieder des Vereins und diejenigen 27 Mitglieder der Leibniz-Sozietät, die durch im Netzwerk bereits aktiv gewesene Mitglieder der Leibniz-Sozietät dem Plenum der Leibniz-Sozietät zur Zuwahl vorgeschlagen wurden.

Sie enthält nicht mehr die Kolleginnen und Kollegen, die verstorben sind oder die ausdrücklich darauf verzichtet haben, im Verein weiter mitzuarbeiten oder weiterhin über die Tätigkeit des Vereins regelmäßig informiert zu werden.

Noch nicht aufgenommen wurden die folgend genannten Persönlichkeiten, die durch Aktivisten des Netzwerkes für die *Zuwahl* zum Mitglied der Leibniz-Sozietät *im Mai 2014* vorgeschlagen wurden:

Jörg **Matschullat**, Freiberg/Sachsen

Frank **Spahn**, Potsdam

Harald **Schuh**, Potsdam

Axel **Müller**, Trondheim

Hans **Sünkel**, Graz

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Der Arbeitskreis GeoMUWA definiert seine Existenz durch seine Tätigkeit.

Er hat sich nicht in einem formellen Akt gegründet, sondern durch die erste wissenschaftliche Veranstaltung, die zu einem Thema im Interessenbereich des späteren Arbeitskreises organisiert wurde, und zwar federführend durch Mitglieder der Leibniz-Sozietät, die in der Folgezeit im Arbeitskreis aktiv wurden.

Dem Arbeitskreis GeoMUWA dient als **Sprecher Heinz Kautzleben**, Gründungsmitglied des Vereins. Er koordiniert und repräsentiert.

Die **Intensität**, mit der sich die in das informelle Netzwerk einbezogenen Mitglieder der Leibniz-Sozietät an der Tätigkeit des Arbeitskreises GeoMUWA beteiligen, kann von Person zu Person und von Thema zu Thema sehr **unterschiedlich** sein: es gibt „Aktivisten“ und „Interessenten“.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Die **Veranstaltungstätigkeit** des Arbeitskreises GeoMUWA ist rechtlich dadurch abgesichert, dass jedes seiner Vorhaben vorab durch das Präsidium der Leibniz-Sozietät bzw. den Sekretar der zuständigen Klasse Naturwissenschaften bestätigt wird.

Die **Veranstaltungen** der Leibniz-Sozietät, an denen sich der Arbeitskreis GeoMUWA in Gänze oder einzelne seiner Mitstreiter – explizit als Vertreter des Arbeitskreises – beteiligen, können ganz **unterschiedlich bedeutsam** sein: sowohl im Hinblick auf ihre wissenschaftliche und gesellschaftliche Relevanz als auch innerhalb der Leibniz-Sozietät im Hinblick auf den Grad der Interessiertheit für das Plenum, die Klasse Naturwissenschaften oder den Arbeitskreis GeoMUWA.

Die entsprechenden Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät fallen bezüglich der Verantwortung für ihre **Organisation** in eine der drei **Kategorien**: Veranstaltungen des Plenums, der Klasse Naturwissenschaften bzw. des Arbeitskreises GeoMUWA. Folglich wirken die Mitstreiter des Arbeitskreises GeoMUWA, die eine solche Veranstaltung federführend organisieren, im Namen des Präsidiums, der Klasse Naturwissenschaften bzw. des Arbeitskreises GeoMUWA.

Der Arbeitskreis GeoMUWA **nutz**t bei dem durch ihn federführend organisierten Veranstaltungen nach Möglichkeit **die Räume, in denen die Leibniz-Sozietät regulär zusammenkommt**.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Der Arbeitskreis GeoMUWA in der Gelehrtengesellschaft:

Der Arbeitskreis hat seine Tätigkeit zu der Zeit aufgenommen und sich entfaltet, in der Karl-Heinz Bernhardt, ebenfalls Gründungsmitglied des Vereins, Sekretar der Klasse Naturwissenschaften war. Präsidenten der Leibniz-Sozietät waren in dieser Zeit: Herbert Hörz und Dieter B. Herrmann. Gegenwärtig amtieren als Sekretar der Klasse Lutz-Günther Fleischer und als Präsident der Leibniz-Sozietät Gerhard Banse.

Der Arbeitskreis konnte auf Erfahrungen zurückgreifen, die zu Zeiten der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften der Gelehrtengesellschaft gesammelt wurden. Deren Vorsitzender war Wolfgang Böhme, er gehört ebenfalls zu den Gründungsmitgliedern des Vereins.

Der Arbeitskreis profitiert sehr davon, dass die Leibniz-Sozietät die in der Akademiezeit geübte Unterscheidung zwischen Ordentlichen Mitgliedern (OM), Korrespondierenden Mitgliedern (KM) und Auswärtigen Mitgliedern (AM) nicht mehr praktiziert.

Die Gründungsmitglieder des Vereins, die als Mitglieder der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften (GK) der Gelehrtengesellschaft mitgearbeitet hatten (1)

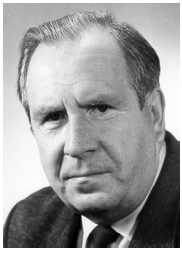
Wolfgang Böhme (1926-2012)
KM 1977 OM 1980
Vorsitzender der Klasse GK

Heinz Kautzleben (1934-)
KM 1979 OM 1987
Gründungsmitglied der Klasse GK, in der Leibniz-Sozietät Sprecher des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Gründungsmitglieder des Vereins, die als Mitglieder der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften (GK) der Gelehrtengesellschaft mitgearbeitet hatten (2)

Heinz Stiller (1932-2012)
KM 1971 OM 1973
Initiator der Klasse GK

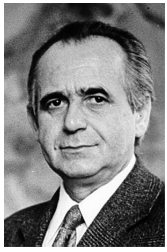
Klaus Strzodka (1927-2005)
KM 1977 OM 1975
Gründungsmitglied der Klasse GK



Die Gründungsmitglieder des Vereins, die als Mitglieder der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften (GK) der Gelehrtengesellschaft mitgearbeitet hatten (3)

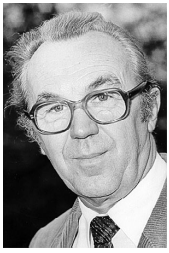
Karl-Heinz Bernhardt (1935-)
KM 1990
in der Leibniz-Sozietät Sekretar der Klasse Naturwissenschaften

Karl Schmidt (1924-1998)
KM 1973
Gründungsmitglied der Klasse GK

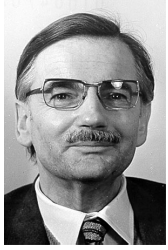


Die Gründungsmitglieder des Vereins, die als Mitglieder der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften (GK) der Gelehrtengesellschaft mitgearbeitet hatten (4)

Rudolf Schubert (1927-)
KM 1978



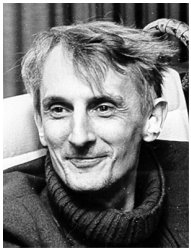
Alfred Zimm (1926-)
KM 1983



Gründungsmitglieder des Vereins,
die schon frühzeitig an der Tätigkeit des Arbeitskreises GeoMUWA mitgewirkt haben (1)

Karl Lanius (1927-2010)
OM 1969
In der Leibniz-Sozietät Sekretar der Klasse Naturwissenschaften

Hans-Jürgen Treder (1928-2006)
OM 1966



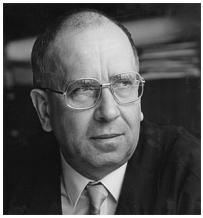
Gründungsmitglieder des Vereins,
die schon frühzeitig an der Tätigkeit des Arbeitskreises GeoMUWA mitgewirkt haben (2)

Claus Grote (1927-)
KM 1972 OM 1974

Herbert Hörz (1933-)
KM 1973 OM 1977
in der Leibniz-Sozietät Präsident des Sozietät

Mitglieder der Akademie der Wissenschaften der DDR, die in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften (GK) der Gelehrtengesellschaft mitgewirkt hatten, später Vereinsmitglied der Leibniz-Sozietät wurden und entscheidende Beiträge zum Arbeitskreis GeoMUWA geleistet haben

Peter Bankwitz (1931-2013)
KM 1988 MLS 1997



Helmut Moritz (1933-)
AM 1984 MLS 2001

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Anliegen

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Anliegen der Mitglieder der Leibniz-Sozietät:

die selbstlose Förderung der Wissenschaften,

im ersten Jahrzehnt nach der Gründung des Vereins am 15.04.1993
die Abwicklung der Akademie der Wissenschaften der DDR überstehen,

die Fortführung der Gelehrtengesellschaft sichern, die 1700 auf Initiative von Gottfried Wilhelm Leibniz gegründet wurde und seither ohne Unterbrechung in Berlin besteht und aktiv ist,

die **Einbindung in die Science Community** im vereinten Deutschland und darüber hinaus nachhaltig erreichen, festigen und ausbauen.

Die Mitglieder mit Fachgebieten, die zu den Geo- und Kosmoswissenschaften gerechnet werden, können sich dabei auf die über mehrere Jahrhunderte gemeinsame Geschichte stützen.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Die Gründungsmitglieder des Vereins, die bis zur Abwicklung der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften der Gelehrtengesellschaft erfolgreich zusammengearbeitet hatten, wollten in der Leibniz-Sozietät ihre **akademiespezifische Tätigkeit zur Förderung der Wissenschaften, speziell der Geo- und Kosmoswissenschaften, unter den neuen Bedingungen der Gelehrtengesellschaft** unbedingt fortsetzen.

Diese Tätigkeit umfasst:

•die **kritische Beobachtung der Wissenschaftsentwicklung** bis zur Auswahl von Themen, die wegen ihrer wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Relevanz in den Sitzungen der Leibniz-Sozietät und ihrer Arbeitsgremien referiert und diskutiert werden müssten,

•die Gewinnung von kompetenten **Referenten** und die Organisation von wissenschaftlichen **Veranstaltungen**, die in die Öffentlichkeit wirken,

•weiterhin den Aufbau und die Pflege von **Kontakten zur Science Community**, die schließlich der Leibniz-Sozität die Zuwahl von neuen Mitgliedern ermöglichen und die langfristige Fortführung der Gelehrtengesellschaft sichern.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Aus dem anfänglichen lockeren Zusammenwirken im Rahmen der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät entwickelte sich im Laufe eines Jahrzehnts der Arbeitskreis mit dem etwas umständlichen Namen „Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften“ (kurz: GeoMUWA).

Er hat sich auf Initiative von Heinz Kautzleben 2002, im „Jahr der Geowissenschaften“, als Arbeitsgremium der Leibniz-Sozietät konstituiert.

Es wirkte der äußere Zwang – die alltägliche Erfahrung. Auf sich allein gestellt wird der Einzelne leicht übersehen. Alleingänge bringen wenig. Vereint sind wir stärker, können wir uns gegenseitig unterstützen, können wir auch komplexe Themen angehen.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Das spezielle Anliegen des Arbeitskreises GeoMUWA ist, das große Wissenschaftsgebiet zu fördern, das durch die im Arbeitskreis vereinten Fachgebiete umrissen wird - unter Nutzung der engen inhaltlichen Beziehungen dieser Gebiete.

Das „Erfolgsrezept“:
•das wissenschaftliche **Profil** bestimmen und sichtbar machen, dabei die historischen Grundlagen und die überregionalen Einbindungen nutzen,
•die **Arbeitsweise** optimieren (regelmäßige Veranstaltungen in optimalem zeitlichen Abstand, bewährt hat sich die Durchführung von zwei ganztägigen Veranstaltungen pro Jahr mit Bündelung von Themen),
•**attraktive Themen** behandeln, die als „Wortmeldungen“ der Leibniz-Sozietät zu relevanten aktuellen Fragestellungen in Wissenschaft und Gesellschaft wahrgenommen werden,
•**Kooperationspartner** gewinnen, wobei das persönliche Ansehen der Mitglieder der Leibniz-Sozietät in der Science Community genutzt wird,
•Tagungen zu „großen“ Themen durch **Workshops** gut vorbereiten

Zielvorstellung:
Es soll von Mitgliedern und Gästen als Anerkennung betrachtet werden, in einer wissenschaftlichen Veranstaltung der Leibniz-Sozietät vorzutragen.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Die Mitstreiter des Arbeitskreises GeoMUWA interessieren die Forschungsobjekte,

die im Namen des Arbeitskreises aufgezählt werden. Die angewendeten Forschungsmethoden richten sich nach dem jeweiligen allgemeinen Stand von Wissenschaft und Technik und den Möglichkeiten, diesen für die konkreten Ziele zu spezialisieren.

Die Konzentration auf Forschungsmethoden und deren Anwendung kann dazu führen, dass die möglichen Gefahren bei deren Anwendung übersehen werden.

Im Mittelpunkt steht die Erde, auf der die Menschen leben und deren Ressourcen sie nutzen.

Die Vielzahl von relevanten **Fachgebieten** beginnt historisch mit den **geographischen** und den **Montanwissenschaften**; aus ihnen gingen die **geologischen** sowie die **geophysikalischen** und die **geochemischen** Wissenschaften hervor. Die „**Umweltwissenschaften**" befassen sich mit der Wechselwirkung des Lebens, speziell des Menschen, mit seiner natürlichen Umwelt.

Der Mensch hat bereits früh beim **„Blick von der Erde nach oben"** Gefahren erkannt, aber auch eine „himmlische Ordnung", die er für die Führung seines Lebens auf der Erde nutzen kann. Die Erkenntnis wurde zum Ausgangspunkt für die **Meteorologie**, die **Astronomie** und die **Geodäsie**, auch für die **Kosmologie**.

Von „**Weltraumwissenschaften**" kann man sprechen, seitdem physikalische Methoden zur Erforschung der diffusen Materie im Weltraum verfügbar wurden, vor allem aber seitdem die Mittel der Raumfahrt genutzt werden können.

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Verwurzelung

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Das wissenschaftliche Profil des Arbeitskreises GeoMUWA stützt sich auf die Traditionen der Gelehrtengesellschaft, die in mehr als drei Jahrhunderten gewachsen sind und seither gepflegt werden.

Ihre **Hauptlinien** sind

zum einen, dass die Gelehrtengesellschaft möglichst **die gesamte Wissenschaft** (Science Community) in ihrem Einzugsbereich **repräsentieren** soll, und

zum andern, dass die Wissenschaft dem Menschen zu dienen hat, was bedeutet mit den Worten von Leibniz gesagt, **„Theoriam cum praxi zu verbinden**".

Die Traditionen sind Ansporn und setzen Maßstäbe für die Tätigkeit der Erben.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Traditionen, die vom Arbeitskreis GeoMUWA zu pflegen sind

Die Traditionen der Gelehrtengesellschaft, die 1700 gegründet wurde und heute Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. heißt, werden im Werk ihrer großen Mitglieder deutlich. Sie sind die Begründer und Erneuerer der Traditionen - die „Leuchttürme".

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften:

Gottfried Wilhelm **Leibniz** (OM 1700)

Leonhard **Euler** (OM 1741)

Karl Abraham **Gerhard** (OM 1768)

Alexander von **Humboldt** (OM 1805), Leopold von **Buch** (OM 1808), Karl Friedrich **Gauß** (OM 1824)

Heinrich Ernst **Beyrich** (OM 1853), Wilhelm von **Bezold** (OM 1886), Hermann Carl **Vogel** (OM 1892), Ferdinand von **Richthofen** (OM1899), Friedrich Robert **Helmert** (OM 1900)

Albert **Einstein** (OM 1913)

Hans **Stille** (OM 1933)

Hans **Ertel** (OM 1949), Otto **Meißer** (OM 1957)

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Traditionen, die vom Arbeitskreis GeoMUWA zu pflegen sind
Ergänzung: Gedenken an zwei Mitglieder der Akademie mit hohem Einsatz für die Geo- und Kosmoswissenschaften

Edgar Lehmann (1905-1990)
KM 1959 OM 1961
Geographie, Kartographie, Geoökologie
1963-1968 Sekretar der Klasse für Chemie, Geologie und Biologie
1971-1985 Vorsitzender der Klasse Umweltschutz und Umweltgestaltung

Ernst August Lauter (1920-1984)
OM 1964
Solar-terrestrische Physik, Kosmosforschung (Physik, Meteorologie, Nachrichtenwesen)
1968-1972 in der Zeit der Akademiereform Generalsekretär und Stellvertreter des Präsidenten der DAW

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften

Gottfried Wilhelm Leibniz
(1646-1716)
Universalgelehrter
Geistiger Vater und Begründer der Gelehrtengesellschaft, die heute Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin heißt
1700 OM und Präsident

(beachte auch: Bergbautechnik, Geschichte der Erde)

Leibniz dirigierte die Kurfürstlich Brandenburgische/ Königlich Preußische Sozietät der Wissenschaften von Hannover aus, wo er in Diensten des dortigen Kurfürsten stand.

Gottfried Wilhelm Leibniz

Das Ziel der Sozietät der Wissenschaften soll sein:

Die Gelehrten (als führende Vertreter der entstehenden Wissenschaft) müssen in der Gesellschaft (im Staat) an Ansehen und Einfluss gewinnen.

Ihre Stellung in der Gesellschaft beruht nicht auf der Geburt, sondern der persönlichen Leistung.

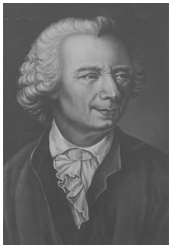
Die am höchsten angesehenen Gelehrten des Landes müssen sich vereinen – in einer Sozietät mit relativ wenigen Mitgliedern, und diese Sozietät muss unmittelbaren Zugang zum Landesherrn bekommen.

Die einzelnen Mitglieder der Sozietät und die Sozietät als Ganzes müssen dem Landesherrn wissenschaftliche Leistungen anbieten – Forschungen und Dienstleistungen, die dem Lande zugute kommen.

Um solche Leistungen realisieren zu können, soll die Sozietät vom Landesherrn die benötigten Finanzen, Räumlichkeiten, Ausrüstungen und Mitarbeiter erhalten.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften



Leonhard Euler
(1707-1783)
Mathematik, Naturwissenschaften
OM 1741-1766
(danach AM)
1744-1766 Direktor der Mathematischen Klasse
in der Königlich Preußischen Akademie in Berlin

(beachte auch: Kalender, geographische Karten, Landesausbau)

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften

Alexander von Humboldt
(1769-1859)
Bergmann, Naturforscher
Preußischer Kammerherr
aoM 1800, OM 1805

Seinen Weltruhm erlangte Alexander von Humboldt durch seine Forschungsreise in Amerika und deren wissenschaftliche Auswertung in Paris.
(Wirken für die Akademie, Neubau der Berliner Sternwarte)

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Der Wissenschaftsstandort Potsdam-Telegraphenberg

Die akademische Gelehrtengesellschaft in Berlin verfügte seit 1709 mit der **Berliner Sternwarte** über eine Forschungsstätte, die sie als Basis nutzen konnte, um die ihr übertragenen wissenschaftlichen Dienstleistungen für den preußischen Staat zu erfüllen.
Neubau 1835
Das Wachstum der Hauptstadt verschlechterte **ab den 1860er Jahren** die Beobachtungsbedingungen in Berlin derart, dass die **Observatoriumstätigkeit** in Berlin nicht erweitert werden konnte, sondern ausgelagert werden musste, und zwar **auf den Telegraphenberg bei Potsdam**. Gleichzeitig wurde die **Gelehrtengesellschaft von** der **administrativen Verantwortung** für die relevante Forschungstätigkeit **entbunden**.

Aus den „**Königlichen Observatorien“** entwickelte sich (etwa ab Ende des 1. Weltkrieges) im Verlaufe von mehreren Jahrzehnten durch die Ansiedlung weiterer Forschungsrichtungen der **Wissenschaftsstandort Potsdam-Telegraphenberg mit dem Schwerpunkt Geo- und Kosmoswissenschaften**, dem verschiedene hauptstädtische Funktionen übertragen werden konnten.

Wegbestimmend wurde die Ansiedlung der geologischen Forschungen auf dem Telegraphenberg – vom Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin weg zur Akademie der Wissenschaften der DDR (Geotektonisches Institut in Berlin, **Zentralinstitut für Physik der Erde in Potsdam**) – und dann die Erweiterung zum **Deutschen GeoForschungsZentrum Potsdam**.

(Vgl. die Präsentation von H. Kautzleben auf der Website der Leibniz-Sozietät, Dezember 2013)

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 1

Übersicht der wissenschaftlichen Veranstaltungen,

die bisher vom Arbeitskreis Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät organisiert wurden

[Mitwirkende, die Mitglied der Leibniz-Sozietät sind, werden mit * gekennzeichnet.]

In den Veranstaltungen, die aus Anlass von persönlichen Jubiläen durchgeführt, behandeln die Autoren der wissenschaftliche Beiträge neben historischen Themen bevorzugt die aktuellen wissenschaftlichen Fragestellungen in den Arbeits- und Interessengebieten der jeweiligen Jubilare. Das Verfahren fördert in besonderem Maße die Anliegen der Leibniz-Sozietät, da die Gelehrtengesellschaft als Mitglieder ausschließlich Wissenschaftler kooptiert, die auf ihrem Fachgebiet hohe Forschungsleistungen vollbracht haben.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen

Über die Auswahl der Themen entscheiden
die Mitglieder der Leibniz-Sozietät, die mitwirken wollen.
- auch zu den „weißen Flecken“ -

Die Vielfalt der Themen ist groß. Wir gehen exemplarisch vor.

Wir behandeln die Spezialfragen,
versuchen dabei, zu den Kernfragen vorzustoßen,
die Zusammenhänge nicht aus den Augen zu **verlieren**.

„Im Mittelpunkt steht der Mensch.“

Zeitweilig wurden anscheinend verschiedene Themenstränge
parallel zueinander verfolgt.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen

Übersicht der bisher behandelten Themen:

Die Arbeits- und Interessengebiete folgender Mitglieder der Leibniz-Sozietät:
Wolfgang Böhme (Meteorologie), Hans-Jürgen Treder (Gravitationstheorie),
Heinz Kautzleben (Geo- und Kosmoswissenschaften), Karl-Heinz Bernhardt (Meteorologie),
Peter Bankwitz (Geologische Wissenschaften), Heinz Militzer (Angewandte Geophysik),
Helmut Moritz (wissenschaftliche Geodäsie), Dieter B. Herrmann (Astronomie),
Sigmund Jähn (Weltraumforschung)

Das Wirken großer Akademiemitglieder:
Hans Ertel (Meteorologie, Geophysik), Albert Einstein (Theoretische Physik),
Serge von Bubnoff (Geologie)

Große historische Ereignisse in den Geo- und Kosmoswissenschaften:
Internationales Geophysikalisches Jahr 1957/58, 50 Jahre Weltraumforschung,
150 Jahre internationale Zusammenarbeit der Geodäsie

Projekte:
Sichere Versorgung der Menschheit mit Energie und mineralischen Rohstoffen;
Montanwissenschaften – gestern und heute;
„Vom Mineral zur Noosphäre“ (Vernadskij 150)

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Veranstaltungen in den Jahren 2001 bis 2006

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 2

Sitzung der Klasse Naturwissenschaften am 15. März 2001 anlässlich des 75. Geburtstages von Wolfgang Böhme, MLS

Mit Beiträgen von Karl-Heinz Bernhardt*, Thilo Günther und Dietrich Spänkuch*

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 52, Jahrgang 2002

Ehrenkolloquium
Meteorologie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 3

Wissenschaftliches Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 2. Oktober 2003 zum 75. Geburtstag von Hans-Jürgen Treder, MLS

Mit Beiträgen von Gottfried Anger & Helmut Moritz*, Joachim Auth*, Rainer Burghardt, Ernst Buschmann, Holger Filling & Ralf Koneckis, Fritz Gackstatter, Dieter B. Herrmann*, Werner Holzmüller, Herbert Hörz*, Heinz Kautzleben*, Helmut Moritz*, Thomas Schalk, Hans Scheurich, Rainer Schimming, Karl-Heinz Schmidt, Wilfried Schröder*, Klaus Strobach*, Armin Uhlmann*, Gerald Ulrich

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 61, Jahrgang 2003

Ehrenkolloquium
Gravitationstheorie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 4

2004: Wo stehen wir?

Projekt „Neue Ergebnisse der Geo- und Kosmoswissenschaften, Teil I – Geophysik, Geodäsie, Weltraumforschung, Geologie, Montanwissenschaften" – Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 29.04.2004 anlässlich des 70. Geburtstages von Heinz Kautzleben, MLS
Mit Beiträgen von Peter Bankwitz*, Karl-Heinz Bernhardt*, Alexander Frischbutter mit Koautoren, Fritz Gackstatter, Georg Kowalle, Günter Leonhardt*, Karl-Heinz Marek, Heinz Militzer*, Diedrich Möhlmann, Horst Montag
Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 70, Jahrgang 2004

Projekt „Neue Ergebnisse der Geo- und Kosmoswissenschaften, Teil II – Atmosphärische Wissenschaften, Geophysikalische Hydrodynamik, Zeitreihenanalyse" – Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 26. März 2004 „Theoretische Probleme von Meteorologie und geokosmischer Physik" anlässlich des 100. Geburtstages von Akademiemitglied Hans Ertel
Mit Beiträgen von Hannelore Bernhardt, Karl-Heinz Bernhardt*, Wolfgang Böhme*, Heinz Fortak, Olaf Hellmuth, Heinz Kautzleben*, Helmut Moritz*, Peter Nevir und Koautoren, Helmut Pichler, Klaus Strobach*, Hans-Jürgen Treder*, Astrid Ziemann
Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 71, Jahrgang 2004

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften

Hans Ertel
(1904-1971)
Meteorologie, Geophysik
OM 1949
1951-1961 Vizepräsident der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

Wissenschaft und Politik

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften
Was sagt die Sozietät?

Wilhelm von Bezold
(1837-1907
Meteorologie
OM 1886
1885 Direktor des Preußischen Meteorologischen Institutes (ab 1890 mit Meteorologisch-Magnetischem Observatorium auf dem Telegraphenberg bei Potsdam)

Bezold gehört zu den fünf „Leuchttürmen" in der preußischen Hauptstadt in der Zeit des Deutschen Kaiserreiches.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 5

Die Wortmeldung
2005

Das große Thema: Albert Einstein

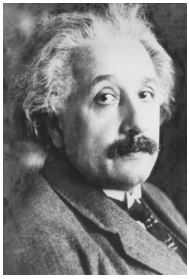
Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Albert Einstein in Berlin" am 13. März 2005 anlässlich des Internationalen Einstein-Jahres, in der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow

Mit Beiträgen von Gottfried Anger, Karl-Heinz Bernhardt*, Horst-Heino von Borzeszkowski, Reiner Braun, Rainer Burghardt, Werner Ebeling*, Fritz Gackstatter, Iourii Gribov, Franz Halberg* u.a., Dieter B. Herrmann*, Herbert Hörz*, Werner Holzmüller, Heinz Kautzleben*, Mario Keßler*, J. Michael Köhler*, Lothar Kolditz*, Vladimir Kh. Kozlovskij, Karl Lanius*, Genrietta Liakhovitskaia, Dierk-E. Liebscher, Viktor Mairanowski, Horst Montag, Helmut Moritz*, Oleksandr Proskura, Rainer Schimming, Ekkehard Sieker, Hans-Jürgen Treder*

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 78/79, Jahrgang 2005

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften



Albert Einstein
(1879-1955)
Theoretische Physik
Gravitationstheorie,
Relativistische Astronomie und
Astrophysik,
Kosmologie
OM 1913-1933

Einstein war bereits weltberühmt, als es Max Planck gelang, ihn nach Berlin zu holen.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 6

2004/2005

Das große Thema: Energie und Rohstoffe
Erfordernisse des Klimawandels

Projekt „Sichere Versorgung der Menschheit mit Energie und Rohstoffen" – Workshops des Arbeitskreises am 07.10.2004, 10.12.2004, 04.03.2005 und 15.07.2005, Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 25.11.2005

Mit Beiträgen von Helmut Abel*, Karl F. Alexander*, Wolfgang Böhme*, Gerhard Brandl, Günter Flach*, Klaus Dieter Jäger*, Heinz Kautzleben*, Lothar Kolditz*, Karl Lanius*, Johann Lingertat*, Siegfried Nowak*, Klaus Steinitz*, Klaus Thiessen

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 82, Jahrgang 2005

(Vgl. auch die Veranstaltungsreihe des LIFIS zum Thema „Solarzeitalter")

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 7

Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Aktuelle Aspekte der Meteorologie und Klimatologie“ am 20.01.2006 anlässlich des 70. Geburtstages von Karl-Heinz Bernhardt, MLS

Mit Beiträgen von Karl-Heinz Bernhardt*, Wolfgang Böhme*, Wolfgang Enke et al., Olaf Helmuth, Heinz Kautzleben*, Brigitte Klose, Gabriele Malitz, Detlev Möller*, Dietrich Spänkuch* & Jürgen Güldner, Astrid Ziemann & Manuela Barth

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“, Band 86, Jahrgang 2006

Das Interessengebiet Meteorologie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 8

Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Fortschritte der Geowissenschaften“ am 26. Oktober 2006 anlässlich des 75. Geburtstages von Peter Bankwitz, MLS

Mit Beiträgen von Dieter B. Herrmann*, Heinz Kautzleben*, Georg Kleinschmidt, Jürgen Kopp, Diedrich Möhlmann*, Helmut Moritz*, Hans Eckhard Offhaus, Wilfried Schröder*

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ in Vorbereitung,

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Das Interessengebiet Geologie

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Veranstaltungen in den Jahren 2007 bis 2009

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen

2007

Der 50. Jahrestag großer Ereignisse rückt in den Mittelpunkt:

das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/1958 und die Internationale Geophysikalische Kooperation 1959,

der Beginn der Weltraumforschung gestützt auf die Mittel der Raumfahrt.

Beginn der Serie von Veranstaltungen zum Thema „Geologische Wissenschaften (Geologie, Geophysik, Geochemie) – bisher und künftig“

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 9

Workshop „Ergebnisse und Probleme der geophysikalischen Wissenschaften“ am 3. Mai 2007 anlässlich des 85. Geburtstages von Heinz Militzer, MLS, und zum 50. Jahrestag des Internationalen Geophysikalischen Jahres

Mit Beiträgen von Gottfried Anger, Peter Bankwitz*, Karl-Heinz Bernhardt*, Wolfgang Böhme*, Hans-Jürgen Brosin, Heinz Kautzleben*, Günter Leonhardt*, Heinz Militzer*, Peter Knoll, Jürgen Schön*, Dietrich Spänkuch*

Veröff. in „Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät“ in Vorbereitung,

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

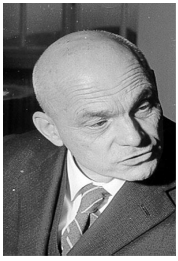
Leibniz-Tag am 28. Juni 2007 – Festvortrag von Helmut Moritz, MLS, „Das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/58 und seine Folgen“

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“, Band 94, Jahrgang 2008

Elektronische Dokumentation vorhanden

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften



Otto Meißer
(1899-1966)
Geophysik
OM 1957
1957-1963 Sekretar der Klasse Bergbau, Hüttenwesen und Montangeologie

Streiter für die Geo- und Montanwissenschaften

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 10

Die Wortmeldung
2007

Das Thema Weltraum

Projekt „50 Jahre Weltraumforschung. Erforschung und Überwachung der Erde und des Weltraumes gestützt auf die Mittel der Raumfahrt" – Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 29.September 2007 in der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow, mit Unterstützung der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt

Mit Beiträgen von J. Albertz, K.-D. Berge, A. Drexler, F. Gehlhar, C. Grote*, E. Hauber, H.-J. Haubold, O. Hellmuth, D. B. Herrmann*, S. Jähn, H. Kautzleben*, U. Köhler, T. von Larcher, H. Montag, W. Papenfuß, R. Rummel*, M. Schladebach, M. von Schönermark, D. Spänkuch*, R. Titz, z. T. mit Koautoren

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 96, Jahrgang 2008,

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 11

Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Probleme der Geologie" am 8. und 9. November 2007 anlässlich des 50. Todestages von Akademiemitglied Serge von Bubnoff, im Museum für Naturkunde Berlin

Mit Beiträgen von P. Bankwitz*, R. Daber, S. Franck*, R. O. Greiling, K.-H. Jacob, Th. Kaemmel, H. Kautzleben*, L. Kolditz*, J. Kopp, G. Möbus, R. Seltmann, E. Wallbrecher, z. T. mit Koautoren

Veröff. in „Z. f. geologische Wissenschaften", Band 37 (2009),

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

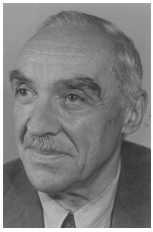
Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Zu Grundproblemen der Geologie" am 8. Oktober 2008 zum 120. Geburtstag von Akademiemitglied Serge von Bubnoff, im Museum für Naturkunde Berlin

Mit Beiträgen von P. Bankwitz*, J. Cosgrove, R. Daber, F. Damaschun, B.-D. Erdtmann, R. O. Greiling, Th. Kaemmel, H. Kämpf, H. Kautzleben*, Th. Kenkmann, R. Kind, F. Lehner, A. Müller, M. Schidlowski, G. Schneider, B. Schröder, F. Schust, M. Steiner, E. Wallbrecher, J. Wasternack

Veröff. in „Z. f. geolog. Wissenschaften", Band 37 (2009)

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Serge von Bubnoff – Lehrer zahlreicher Geologen in Ost und West



Serge von Bubnoff
(1888-1957)
Geologie
1941 KM der Preußischen Akademie der Wissenschaften
1949 OM der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin
1950-1957 Direktor des Geotektonischen Institutes der DAW

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften
Was sagt die Sozietät?

Der große Geologe
Hans Stille in Berlin

Geb. 1876 in Hannover, gest. 1966 in Hannover

1932 – 1950 Professor für Geologie und Direktor des Geologisch-Paläontologischen Institutes und Museums im Museum für Naturkunde der Friedrich-Wilhelms- bzw. Humboldt-Universität zu Berlin
1933 OM der Preußischen Akademie der Wissenschaften
1937-1938 Sekretar der Physikalisch-Mathematischen Klasse
1945/1946 Mitkämpfer für die Wiedereröffnung der Akademie als Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin (DAW)
1946-1951 Ständiger Vizepräsident der DAW
1946-1950 Direktor des Geotektonischen Institutes der DAW

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 12

Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Wissenschaftliche Geodäsie“ am 14. November 2008 anlässlich des 75. Geburtstages von Helmut Moritz, MLS

Mit Beiträgen von Jozsef Adam, Erik W. Grafarend*, Dieter B. Herrmann*, Herbert Hörz*, Petr Holota, Juhani Kakkuri, Heinz Kautzleben*, Dieter Lelgemann, Günter Leonhardt*, Herbert Mang, Alexander N. Marchenko & A. S. Zayats, Elena Mazurova, Helmut Moritz*, Jürgen Müller, Bogdan Ney, Gligorije Perovic, Markku Poutanen, Fernando Sanso & G. Venuti, Viktor P. Savinykh, Christian Tscherning, Janusz B. Zielinski

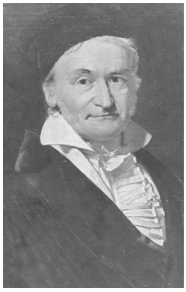
Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“, Band 104, Jahrgang 2009,

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Ehrenkolloquium für den großen Geodäten Helmut Moritz
Akademischer Festakt mit internationaler Beteiligung 2008
Das Thema Geodäsie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften

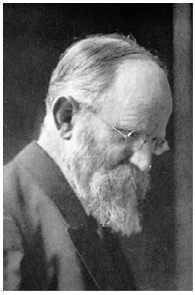


Karl Friedrich Gauß
(1777-1855)
Mathematik, Astronomie, Geodäsie, Physik
AM 1810
OM 1824

Es gelang nicht, Gauß von seinem Arbeitsort Göttingen, wo er seit 1807 tätig war und mit seinen Arbeiten Weltruhm erlangte, nach Berlin zu ziehen.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften



Friedrich Robert Helmert
(1943-1917)
Geodäsie
OM 1900
1886 Direktor des Preußischen Geodätischen Institutes Potsdam

Helmert gehört zu den fünf „Leuchttürmen" in der preußischen Hauptstadt in der Zeit des Deutschen Kaiserreiches.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 13

Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 28. Februar 2009 zum Internationalen Jahr der Astronomie und anlässlich des 70. Geburtstages von Dieter B. Herrmann, MLS, in der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow

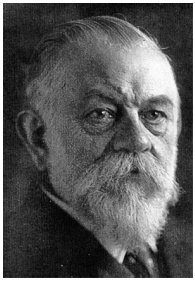
Mit Beiträgen von Karl-Heinz Bernhardt*, Ulrich Cubasch et al, Jürgen Hamel*, Klaus Dieter Herbst, Dieter B. Herrmann*, Tobias Jung, Heinz Kautzleben*, Helmut Lindner, Felix Lühning, Thomas Posch, Rolf Riekher, Oliver Schwarz, Günter Wuchterl, Jörg Zaun

Veröff. in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät", Band 103, Jahrgang 2009

Das Thema Astronomie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften
Was sagt die Sozietät?



Hermann Carl Vogel
(1841-1907)
Astrophysik
OM 1892
1886 Direktor des Preußischen Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam

Vogel gehört zu den fünf „Leuchttürmen" in der preußischen Hauptstadt in der Zeit des Deutschen Kaiserreiches.

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Die Veranstaltungen in den Jahren 2010 bis 2013

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 14

Projekt Montanwissenschaften **2010**

Workshop „Montanwissenschaften – gestern und heute“ am 23. April 2010

Mit Beiträgen von Heinz Kautzleben*, Peter Knoll*, Jürgen Kopp, Günter Leonhardt*, Henry Rauche

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Montanwissenschaften – gestern und heute. Aktuelle Anforderungen der Montanwirtschaft“ am 29. Oktober 2010, mit Unterstützung des Verbandes Bergbau, Geologie, Umwelt e.V.

Mit Beiträgen von O. Alisch, G. Banse*, H. Bernhardt & G. Fettweis, K.-D. Bilkenroth* et al, C. Drebenstedt, G. Fettweis, A. Genter et al, R. O. Greiling* & A. Kontny, H. Grießl, H. Kautzleben*, Th. Kölbel, Th. Kohl et al, P. Knoll*, J. Kopp*, H. Mauritsch, W. Minkley, H. Rauche, R. Seltmann & A. Dolgopolova, M. Störr, N. Volkmann & K. Börner, H. Wagner

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften
Was sagt die Sozietät?

Karl Abraham Gerhard
(1738-1821)
Montanwissenschaften
OM 1768
1770 Initiator der Bergakademie Berlin
1805-1812 Direktor der Physikalischen
Klasse der Königlich Preußischen
Akademie der Wissenschaften

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften

Leopold von Buch
(1774-1853)
Geologie, Paläontologie
aOM 1806, OM 1808

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften
Was sagt die Sozietät?

Heinrich Ernst Beyrich
(1815-1896)
Geologie, Paläontologie
OM 1853
1873 Gründer des Museums für Naturkunde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin
1873 Direktor der Preußischen Geologischen Landesanstalt

Beyrich gehört zu den fünf „Leuchttürmen" in der preußischen Hauptstadt in der Zeit des Deutschen Kaiserreiches

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 15

Das Thema Weltraum

Festsitzung des Plenums der Leibniz-Sozietät am 7. April 2011 anlässlich „50 Jahre bemannte Weltraumfahrt“ mit Vorstellung des neugewählten Ehrenmitgliedes der Leibniz-Sozietät
Forschungskosmonaut Dr. Sigmund Jähn
mit Unterstützung durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Mit Beiträgen von Dieter B. Herrmann*, Sigmund Jähn*, Heinz Kautzleben*, Johann Dietrich Wörner

Veröff. (z. T.) in „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“, Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Sigmund Jähn

als Forschungskosmonaut der Mission „Sojus 31-Saljut 6-Sojus 29“ vom 26.08. bis 03.09.1978 der erste Deutsche im Weltraum

1955 Jagdflieger der NVA der DDR, Dienstende 1990 als Generalmajor
1970 Diplomabschluss der Militärakademie „J. A. Gagarin“ der Luftstreitkräfte der UdSSR

1978 Leibniz-Medaille der Akademie der Wissenschaften der DDR
1983 Promotion zum Dr. rer. nat. mit einer Dissertation zu Fragen der Fernerkundung der Erde in der AdW der DDR

1990-2002 Berater bei der Vorbereitung von Kandidaten der DLR und der ESA zum Einsatz als Forschungskosmonaut

2003 Vortrag in der Klasse NW (25. Jahrestag des Raumfluges)

27.01.2011 Wahl zum Ehrenmitglied der Leibniz-Sozietät

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 16

Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Geologie im Fokus interdisziplinärer Geowissenschaft“ am 14. Oktober 2011 anlässlich des 80. Geburtstages von Peter Bankwitz, MLS, mit Unterstützung der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (DGG)

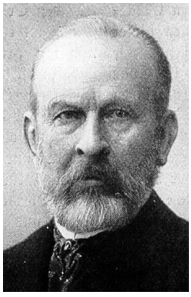
Mit Beiträgen von Olaf Alisch, Dov Bahat, Peter Bankwitz*, Bernd-D. Erdtmann, Alexander Frischbutter et al, Jan Harff, Dieter B. Herrmann*, Horst Kämpf, Heinz Kautzleben*, Jürgen Kopp*, Johannes H. Schröder, Reimar Seltmann*, Werner Stackebrandt, Rainer Thomas

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Ehrenkolloquium
Das Thema Geologie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Leuchttürme für die Geo- und Kosmoswissenschaften
Was sagt die Sozietät?



Ferdinand von Richthofen
(1833-1905)
Geographie
KM 1881, OM 1899
1886 Direktor der Institute für Geographie und Meereskunde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Richthofen gehört zu den fünf „Leuchttürmen“ in der preußischen Hauptstadt in der Zeit des Deutschen Kaiserreiches

Ein „weißer Fleck“ noch:
Das Thema Geographie

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 17

Das große Thema: Der Mensch – Faktor der geologischen Entwicklung

Projekt „Mineralogie-Geochemie-Biogeochemie-Biosphäre-Noosphäre“ (Vernadskij 150) des Arbeitskreises GeoMUWA der Leibniz-Sozietät in Zusammenarbeit mit der Wissenschaftlichen Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin (WiGB) und weiteren Organisationen – Seminar zum Thema „Vladimir Ivanovič Vernadskij und sein Beitrag zur Weltwissenschaft“ am 17. November 2011 im Centrum Judaicum Berlin

Mit Beiträgen von Klaus Fuchs-Kittowski*, Klaus-Dieter Jäger*, Heinz Kautzleben*, Vladimir Kochergin, Peter Krüger, Genrietta Liakhovitskaia, Bella Lurik, Viktor Mairanowski, Boris Schapiro

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Einschub: ***weltweiter Leuchtturm***
Wirkung in Deutschland?

Vladimir Ivanovic Vernadskij
(1863-1945)
Russischer Geologe, Mineraloge, Geochemiker
Naturwissenschaftliche Begründung der modernen Umwelt- und Erdsystemforschung
1909 aoM der Russischen Akademie der Wissenschaften, OM 1912
Die Beziehungen zu den deutschen Wissenschaftlern wurden durch die NS-Regierung beendet.
Seit den 1970er Jahren gibt es weltweit eine „Vernadskij-Renaissance“.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 18

Das Thema Weltraum

Weltraummedizin

Plenarsitzung der Leibniz-Sozietät zu Fragen der Weltraummedizin am 8. März 2012 anlässlich des 75. Geburtstages von Sigmund Jähn, Ehrenmitglied der Leibniz-Sozietät

Mit Beiträgen von Hanns-Christian Gunga, Dieter B. Herrmann*, Sigmund Jähn*, Jörg Vienken* & Natalia Rakova

Veröff. (z. T.) im elektronischen Journal der Leibniz-Sozietät „Leibniz-Online", Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 19

Wissenschaftliches Kolloquium der Leibniz-Sozietät „Quo vadis Wissenschaftsdisziplin Angewandte Geophysik?" am 11. Mai 2012 anlässlich des 90. Geburtstages von Heinz Militzer, MLS

Mit Beiträgen von Lutz-Günther Fleischer*, Reinhard O. Greiling*, Heinz Kautzleben*, Peter Knoll*, Peter Kühn, Hermann Mauritsch, Heinz Militzer*, Ralf-Dieter Scheibe, Jürgen Schön* & Siegfried Fricke, Franz Weber, Ugur Yaramanci

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Das Thema Angewandte Geophysik

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 19

Eine Wortmeldung
2012

Das Thema Geodäsie

Tagung der Leibniz-Sozietät in Zusammenarbeit mit dem DVW Berlin-Brandenburg – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement am 14. September 2012 zu Fragen der wissenschaftlichen Geodäsie anlässlich des Beginns der „Mitteleuropäischen Gradmessung“ vor 150 Jahren – 150 Jahre organisierte internationale geodätische Zusammenarbeit

Mit Beiträgen von Hans-Gerd Becker, Erik W. Grafarend*, Joachim Höpfner, Petr Holota, Juhani Kakkuri, Heinz Kautzleben*, Hansjörg Kutterer, Dietmar Linke*, Horst Montag, Helmut Moritz*, Reinhard Rummel*, Harald Schuh, Oliver Schwarz*

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden, veröffentlicht auf der Website des DVW-Landesvereins Berlin-Brandenburg

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 20

Das große Thema: Der Mensch – Faktor der geologischen Entwicklung

Projekt „Mineralogie-Geochemie-Biogeochemie-Biosphäre-Noosphäre“ (Vernadskij 150) des Arbeitskreises GeoMUWA der Leibniz-Sozietät in Zusammenarbeit mit der Wissenschaftlichen Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin (WiGB) und weiteren Organisationen – Workshop zum Thema „Mineralogie-Geochemie-Biogeochemie“ am 9. November 2012

Mit Beiträgen von Reinhard O. Greiling*, Heinz Kautzleben*, Jürgen Kopp*, Peter Kühn, Viktor Mairanowski, Axel Mueller, Feliks Royzenman, Bernd Voland, Dieter Wolf

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden

Quo vadis – Wissenschaftsdisziplin Geochemie?

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 21

Die Wortmeldung 2013

Das große Thema: Der Mensch – Faktor der geologischen Entwicklung

Projekt „Mineralogie-Geochemie-Biogeochemie-Biosphäre-Noosphäre" (Vernadskij 150) des Arbeitskreises GeoMUWA der Leibniz-Sozietät in Zusammenarbeit mit der Wissenschaftlichen Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin (WiGB) und weiteren Organisationen – Abschlusstagung am 15. März 2013 mit dem Thema „Vom Mineral zur Noosphäre", im Museum für Naturkunde Berlin

Mit Beiträgen von Gerhard Banse*, Sergei Cherkasov & Koautoren, Lutz-Günther Fleischer*, Klaus Fuchs-Kittowski*, Voldemar Gerling, Wolfgang Hofkirchner*, Klaus-Dieter Jäger*, Heinz Kautzleben*, Vladimir Kochergin, Jürgen Kopp*, Viktor Mairanowski, Axel Mueller, Boris Schapiro, Rainer Schimming*, Reimar Seltmann*, Johannes Vogel*, Rose-Luise Winkler

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden, veröffentlicht auf der Website der Leibniz-Sozietät

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises GeoMUWA

Veranstaltungen ab Mitte des Jahres 2013

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 22

Wissenschaftliches Kolloquium am 15.11.2013 in Berlin zu Ehren von Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Helmut Moritz, MLS, aus Anlass seines 80. Geburtstages, veranstaltet von Leibniz-Sozietät, DVW Berlin-Brandenburg und Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik der TU Berlin

Mit Beiträgen von Viktor Abalakin, Gerhard Banse*, Hans-Georg Becker, Horst Borgmann, Georg Brasseur, Lutz-Günther Fleischer*, Erik W. Grafarend*, Jörg Hacker, Bernhard Hofmann-Wellenhof, Petr Holota*, Herbert Hörz*, Christopher Jekeli, Heinz Kautzleben*, Peter Knoll*, Branco Kovacevic, Dieter Lelgemann, Andrey A, Mayorov, Elena M. Mazurova, Albrecht und Berta Moritz, Helmut Moritz*, Frank Neitzel, Markku Poutanen, Richard Rapp, Reiner Rummel*, Fernando Sanso, Viktor P. Savinykh, Harald Schuh, Aleksandr Stepanov, Hans Sünkel, Gerald Ulrich

Elektronische Dokumentation aller Vorlagen vorhanden, veröffentlicht auf der Website der Leibniz-Sozietät

Festband der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ im Druck

Ehrenkolloquium
(Feiern mit den Freunden)

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 23

Vorbereitet ist das

Ehrenkolloquium aus Anlass des 80. Geburtstages von Heinz Kautzleben, Mitglied der Leibniz-Sozietät, zum Thema „Im Mittelpunkt steht der Mensch – Fortschritte in den Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften“ am 11. April 2014 in Berlin

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014
Übersicht der Veranstaltungen – Seite 24

In Vorbereitung:

Kolloquium am 13.02.2015 zum Thema „Geodäsie – Mathematik – Physik“ anlässlich des 75. Geburtstages von Erik W. Grafarend, Mitglied der Leibniz-Sozietät

Erik W. Grafarend

geb. 30.10.1939
Geodäsie, Geophysik, Mathematik, Physik

Dr.-Ing. habil.
Prof. em. (2005) der Universität Stuttgart
Dr.-Ing. Eh. mult.
Auswärtiges Mitglied der Finnischen, der Ungarischen und der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

2005 Mitglied der Leibniz-Sozietät

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Ergänzung

Der Arbeitskreis GeoMUWA dient dem Präsidium der Leibniz-Sozietät und dem Sekretar der Klasse Naturwissenschaften als Reservoir von aktiven Mitgliedern der Leibniz-Sozietät für die Vorbereitung und Mitwirkung an thematisch relevanten Veranstaltungen (Sitzungen und Tagungen), die das Präsidium bzw. der Klassensekretar federführend organisiert.

Hervorzuheben wären:

die Veranstaltungen anlässlich großer Geburtstage von Gottfried Wilhelm Leibniz, Leonhard Euler, Immanuel Kant, Alexander von Humboldt, Albert Einstein;

die Plenarsitzungen anlässlich **Jubiläen von Sigmund Jähn**, Ehrenmitglied der Leibniz-Sozietät;

die 5. Wissenschaftliche **Jahrestagung der Leibniz-Sozietät** am 31.05.2012 in Potsdam, die dem Thema „**Energiewende** – Produktivkraftentwicklung und Gesellschaftsvertrag“ gewidmet war.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Berichterstattung und Dokumentation
auf der Website der Leibniz-Sozietät
www.leibnizsozietaet.de

Publikation von Artikeln
In wissenschaftlichen Zeitschriften,
In den „Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät“
In „Leibniz Online“

Folgeveranstaltungen
werden gesondert angekündigt.

Arbeitskreis GeoMUWA, 11.04.2014

Die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
ist eine gemeinnützige Gelehrtengesellschaft.

Alle wissenschaftlichen Veranstaltungen,
die durch den Arbeitskreis GeoMUWA organisiert werden,
sind öffentlich.
Veranstaltungsgebühren werden nicht erhoben.

Jeder sachkundige Interessent ist zur Mitarbeit herzlich eingeladen.
Vergütungen werden nicht gezahlt.
Entstehende Unkosten werden nicht übernommen.

Die im Poster gezeigten Bilder wurden dem Akademiearchiv, das auf der Website der BBAW zugänglich ist,
bzw. anderen Homepages im Internet entnommen.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *119(2014), 225–227*

Autorenverzeichnis

Olaf Alisch,
Verband Bergbau, Geologie und Umwelt e.V. (VBGU e.V.) - Poststraße 30 – 10178 Berlin
o.alisch@vbgu.de

Professor Dr. sc. phil. Professor e.h., MLS
Gerhard Banse, Präsident der LS
Theodorstraße 13, 12623 Berlin
praesident@leibnizsozietaet.de

Professor Dr. MLS
Karl-Heinz Bernhhardt
Platz d. Vereinten Nationen 3, 10249 Berlin
Ha.Kh.Bernhardt@gmx.de

Professor Dr., MLS
Lutz-Günther Fleischer, Secretar der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften der Leibniz-Sozietät Berlin,
Paul-Junius-Straße 68, 10369 Berlin
Fleischer-privat@gmx.de

Dr.
Dietrich Franke
16548 Glinicke/Nordbahn

Erik W. Grafarend
Professor Dr., MLS
Rhonerweg 19, 70771 Leinfelden-Echterdinger
grafarend@gis.uni-stuttgart.de

Professor Dr. MLS
Herbert Hörz, Ehrenpräsident der Leibniz-Sozietät Hirtschulzstraße 13, 12621 Berlin
herbert.hoerz@t-online.de

Professor Dr. MLS
Heinz Kautzleben, Sprecher des Arbeitskreises Geo-, Montan, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät Berlin,
Schneewittchenstr. 18, 12524 Berlin
Kautzleben@t-online.de

Professor Dr. MLS
Rainer Kind,
Forstweg 3, 14552 Michendorf
kind@gfz-potsdam.de

Professor Dr. sc. techn. MLS
Peter Knoll,
Berliner Straße 70, 14467 Potsdam
p.knoll@leibnizsozietaet.de

Dr. MLS
Jürgen Kopp,
Fenn 6A, 14554 Seddiner See
Juergen.birgit.kopp@t-online.de

Dr.
Bela Lurik
Vorsitzende der WiGB (Wissenschaftliche Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin),

Prof. Dr.
Victor Mairanowski,
WiGB , Leiter des Seminars Schererstr 4, 13347 Berlin
vmairan@gmx.de

Professor em. Prof. em. (Technische Universität Graz) Dr. Dr. h.c. mult., Wirkliches Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Auswärtiges Mitglied zahlreicher nationaler Akademien der Wissenschaften, Ehrenmitglied des DVW-Landesvereins Berlin-Brandenburg, MLS
Helmut Moritz,
Mariatrosterstraße 114, 8043 Graz, Österreich
helmut.moritz@tugraz.at

Prof. Dr. Axel Müller, MLS
Norges Geologiske Undersøkelse (NGU),
7194 Trondheim, Norwegen
Axel.Muller@ngu.no

Professor Dr., MLS
Rainer Schimming
Paul-Engelhardt-Straße 71a, 14469 Potsdam
rschimming@t-online.de

Professor Dr., MLS
Oliver Schwarz
Frauenplan 32, 99817 Eisenach
schwarz@physik.uni-siegen.de

Dr.
Christoph Sens-Schönfelder
christoph.sens-schoenfelder@gfz-potsdam.de

Dr., MLS
Dietrich Spähnkuch
Schmerberger Weg 72, 14548 Caputh
dietrichspaenkuch@web.de

Dr.
Werner Stackebrandt
4469 Potsdam
geostacke@gmail.com

Dr.
Hennes Obermeyer
hennes.obermeyer@geoerkundung.de

Dr., MLS
Rose-Luise Winkler
Platz der Nationen 31, 10249 Berlin
roseluise.winkler@alice-dsl.net

MLS – Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.