



Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.

Begründet 1700 als Kurfürstlich Brandenburgische
(ab 1701 Königlich Preußische) Sozietät der Wissenschaften

www.leibnizsozietat.de

Ehrenkolloquium anlässlich 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

Programm

Kurzfassungen

Ort der Veranstaltung:

BVV-Saal im Rathaus Mitte, Karl-Marx-Allee 31, 10178 Berlin (U5 Schillingstraße)

Beginn: 10 Uhr

Ende: gegen 17.30 Uhr

Die Veranstaltung wird durch ein Organisationskomitee (Leiter: Lutz-Günther Fleischer, Sekretar der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften der Leibniz-Sozietät) vorbereitet, das durch den Arbeitskreis Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät (GeoMUWA) unterstützt wird.

Die Veranstaltung wird finanziell durch die Stiftung der Freunde der Leibniz-Sozietät unterstützt.

Kontaktadresse:

Geschäftsstelle der Leibniz-Sozietät,

Geschäftsführer Dr. Klaus Buttker

Volmerstr. 9a, D-12489 Berlin

mailto: k.buttker@leibnizsozietat.de

Programm und Zeitplan*

*Die Redezeit der Vorträge ist auf 20 Minuten begrenzt. Die vollständigen Fassungen der Präsentationen können nach Abschluss des Kolloquiums auf der Website der Leibniz-Sozietät eingesehen werden. Die Poster können im Vortragsraum ab 09.30 Uhr besichtigt werden.

Poster:

Autorenkollektiv des Arbeitskreises GeoMUWA:

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät

Karl-Heinz Bernhardt (MLS), Berlin:

Laudatio auf Heinz Kautzleben anlässlich seines 80. Geburtstages

Vorträge:

10.00-12.30 Uhr Vormittagssitzung

Moderatoren: Gerhard Banse und Lutz-Günther Fleischer

10.00 Uhr

Gerhard Banse, Präsident der Leibniz-Sozietät, Berlin:

Eröffnung und Begrüßung

10.10 Uhr

Herbert Hörz (MLS), Berlin:

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

10.30 Uhr

Helmut Moritz (MLS), Graz:

Einige grundlegende mathematische Ideen und Zusammenhänge in der theoretischen Geodäsie

10.50 Uhr

Erik W. Grafarend (MLS), Stuttgart:

System Dynamics of Polar Motion and Length of Day Variation

11.10 Uhr

Rainer Kind (MLS), Potsdam:

Strukturen in der Mantel-Lithosphäre – die Entstehung der Kontinente

11.30 Uhr

Dr. **Christoph Sens-Schönfelder**, Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam:

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

11.50 Uhr

Peter Knoll (MLS), Potsdam:

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

12.10 Uhr

Dr. **Hennes Obermeyer**, Gesellschaft für Erkundung und Ortung, Karlsruhe:

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

12.30-13.30 Uhr Mittagspause

Die Veranstalter laden zu einem Imbiss im Foyer ein.

13.30-15.30 Uhr Nachmittagssitzung 1

Moderatoren: Peter Knoll und Reimar Seltmann

13.30 Uhr

Dr. **Werner Stackebrandt**, Potsdam, und Dr. **Dietrich Franke**, Glienicke/Nordbahn, Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften:

Eine neue Geologie von Brandenburg: Idee – Konzept – Realisierung

13.50 Uhr

Jürgen Kopp (MLS), Seddiner See, und **Olaf Alisch**, Verband für Bergbau, Geologie und Umwelt, Berlin:

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

14.10 Uhr

Reimar Seltmann (MLS), London:

Ore deposit models as exploration tools: Thinking outside the box

14.30 Uhr

Dr. **Axel Müller**, Norwegischer Geologischer Dienst, Trondheim:

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

14.50 Uhr

Prof. Dr. **Viktor Mairanowski**, Wissenschaftliche Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin:

Chemie, Ökologie, Gesundheit, Mensch

15.30-16.00 Kaffeepause

16.00-17.30 Nachmittagssitzung 2

Moderatoren: Lutz-Günther Fleischer

16.00 Uhr

Dietrich Spänkuch (MLS), Caputh:

Mögliche klimatische Folgen bei weltweitem Einsatz von erneuerbarer Energie

16.20 Uhr

Oliver Schwarz (MLS), Siegen:

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

16.40 Uhr

Dr. **Rose-Luise Winkler**, DAMU (Deutsche Assoziation der Absolventen der Moskauer Universität), Berlin:

V. I. Vernadskij und die Kommission des Wissens an der Russischen Akademie der Wissenschaften resp. AdW der UdSSR (1922-1932)

17.00 Uhr

Heinz Kautzleben (MLS), Berlin:

Schlusswort

Ende gegen 17.30 Uhr

Kurzfassungen der Beiträge

Autorenkollektiv des Arbeitskreises GeoMUWA

Poster

Tätigkeit und Wirkung des Arbeitskreises Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften der Leibniz-Sozietät

Der Arbeitskreis GeoMUWA basiert auf dem informellen Netzwerk, an dem gegenwärtig (April 2014) rund 30 Mitglieder der Leibniz-Sozietät, zwei Träger der Leibniz-Medaille der Leibniz-Sozietät und fünf Kandidaten für die Zuwahl zum Mitglied der Leibniz-Sozietät teilhaben. Sie alle sind renommierte Wissenschaftler. Sie vertreten Fachgebiete, die im ausführlichen Namen des Arbeitskreises aufgezählt werden und sämtlich dem großen Wissenschaftsgebiet „Geo- und Kosmoswissenschaften“ zugerechnet werden können. Das Anliegen des Arbeitskreises ist es, in akademietypischer Weise dieses große Wissenschaftsgebiet zu fördern. Der Arbeitskreis konnte unmittelbar auf Erfahrungen zurückgreifen, die zu Zeiten der Akademie der Wissenschaften der DDR in der Klasse Geo- und Kosmoswissenschaften der Gelehrtenengesellschaft gesammelt wurden. Die Förderung des Wissenschaftsgebietes in der Gelehrtenengesellschaft mit dem Sitz in Berlin begann jedoch schon weit früher, faktisch bereits bei deren Gründung in Persona durch Gottfried Wilhelm Leibniz. Sie lag von Anfang an im Interesse der Landesherren. Daran hat sich bis heute nichts geändert. Im Poster werden die großen Mitglieder der Gelehrtenengesellschaft genannt, die mit Leben und Werk als „Leuchttürme“ für die Förderung der relevanten Wissenschaften wirkten und weiter wirken. Sie begründeten die Traditionen und setzten die Maßstäbe, denen der Arbeitskreis GeoMUWA in seiner Tätigkeit zu folgen sich bemüht. Der Vortrag bietet eine detaillierte Übersicht dieser Tätigkeit. Der Arbeitskreis hat seit seiner Konstituierung vor 12 Jahren rund 25 wissenschaftliche (ganztägige) Veranstaltungen durchgeführt. In ihnen wurden insgesamt über 350 Beiträge zu den verschiedenen Themen und Themenkomplexen vorgestellt. Beteiligt haben sich die fachlich zuständigen Mitglieder der Leibniz-Sozietät und stets zahlreiche sachkundige Gäste. Alle diese Veranstaltungen wirkten in der breiten Öffentlichkeit als „Wortmeldungen“ der Leibniz-Sozietät zu wissenschaftlich und gesellschaftlich höchst aktuellen Themen. Sie förderten die Beziehungen der Leibniz-Sozietät zur Science Community.

Anfragen an: kautzleben@t-online.de

#####

Herbert Hörz (MLS), Berlin

Dient Wissenschaft dem Wohl des Menschen?

– Philosophisches zu Erfolgs- und Gefahrenrisiken –

Zu Risiken durch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik gibt es eine umfangreiche öffentliche Debatte. Bei der Risikobewertung durch Betroffene und Interessierte geht es oft nicht um das wirkliche Risiko, sondern um Darstellungen in der Öffentlichkeit, die es als Horrorszenerario oder als vernachlässigbar erscheinen lassen. Darin drücken sich Interessen aus, die eine wissenschaftlich begründete Analyse der Risiken fördern oder hemmen. 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. Auf der anderen Seite werden Risiken allein als Gefahren charakterisiert. Damit wird die notwendige Differenzierung der Risiken für Erfolge und Gefahren in gesetzmäßige, Verhaltens- und Begleitrisiken 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. Auf entsprechende Probleme für die Geo-, Montan-, Umwelt-, Kosmos- und Astrowissenschaften hat der Jubilar Heinz Kautzleben, auch als Sprecher des entsprechenden Arbeitskreises, in vielen Stellungnahmen hingewiesen. Sein Wissenschaftsverständnis lautet: „Wissenschaft dient dem Menschen, der Menschheit, wird von den Menschen und ihren Organisationen genutzt.“ Das führt zu wesentlichen Fragen, auf die einzugehen ist: Werden wissenschaftliche Warnungen vor Gefahren politisch ernst genommen? Welche Risiken sind mit Gentechnik und Klimawandel verbunden? 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. Der dialektische Determinismus bietet mit der stochastischen Denkweise eine philosophische Basis für Analytiken, um nicht nur Beobachter, sondern aktiver Gestalter mit fundierten wissenschaftlichen Studien zu sein. Dabei spielen weltanschauliche Haltungen, politische Orientierungen und wirtschaftliche Interessen eine entscheidende Rolle. Wissenschaft dient dann dem Wohl der Menschen, wenn das den Zielstellungen sozialer Systeme entspricht und politische und ökonomische Interessen dem nicht entgegenstehen. Sie kann sich als moralische Instanz durch die Verbindung von Wahrheitssuche und Humanität konstituieren. Volksentscheide sind in ihrer Machbarkeit zu bedenken. Auch wenn man für die humane Zukunftsgestaltung kurz- und mittelfristig pessimistisch sein kann, erscheint langfristig ein realistischer Optimismus theoretisch begründbar, wenn wir die Erhaltung der menschlichen Gattung und ihrer natürlichen Lebensbedingungen voraussetzen.

Anfragen an: herbert.hoerz@t-online.de

#####

Helmut Moritz (MLS), Technische Universität Graz

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:

$$g = \text{grad } W = (W_x, W_y, W_z), \quad (1)$$

wobei der Gradient *grad* ein Vektor ist, der aus den drei partiellen Ableitungen besteht. Auf der physischen Erdoberfläche S , auf der wir nach Molodensky sowohl den Schwerevektor g als auch das Potential W messen, ist die Oberfläche S zunächst unbekannt, aber es besteht eine *bekannte* Relation

$$g = f(S, W). \quad (2)$$

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

$$g = F(S) \quad (3)$$

als *inverses Funktionsproblem* mit der Lösung in der Form

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

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 (Poincaré 1987). 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 asymptotischen 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.

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

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

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

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 asymptotischen (praktisch konvergenten) 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 $\Delta V = V_{xx} + V_{yy} + V_{zz}$ 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^{-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 $\sqrt{2} = 1.414\dots$, eine *irrationale 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 oben bemerkt haben. 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

$$y = C_{yx} C_{xx}^{-1} x, \quad (5)$$

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 Matrixgleichung.

Auf die Interpolation der Schwereanomalien ist x der Vektor der n gemessenen Schwereanomalien, y der Vektor der m interpolierten Schwereanomalien, C_{xx} ist die quadratische invertierbare Kovarianzmatrix von x , und C_{yx} die $m \times n$ 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 Korrekturen 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 Implied by Anomaly Degree Variance Models*, Report No. 208, Dept. of Geod. Sci., Ohio State Univ.

Anfragen an: helmut.moritz@tugraz.at

#####

Erik W. Grafarend (MLS), Geodätisches Institut der U Stuttgart

System Dynamics of Polar Motion and Length of Day Variation

Summary

The Liouville perturbation theory of the Euler dynamical equations of angular momentum of the Earth considered as a deformable body leads to a first order inhomogeneous system of integro-differential equations which are classified in terms of system theory. With respect to a viscoelastic Earth model of homogeneous spherical shells the spectrum of the Liouville operator is analyzed. Following a proposal of M. Schneider (Proc. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 5, pp. 28-33, Frankfurt 1999) the first order system is differentiated to a second order system and being alternatively classified as a second order inhomogeneous system of integro-differential equations. It leads to the interpretation that the characteristic equations of polar motion represent an excited, coupled, damped approximately elliptic oscillator, while the characteristic equation of length-of-day variation documents an excited, damped non-periodic motion. Solutions are represented both in the

Laplace domain as well as in the Fourier domain. New solutions are represented in the dynamical wavelet domain as well as in the fractal domain, tentatively.

Anfragen an: grafarend@gis.uni-stuttgart.de

#####

Rainer Kind (MLS), Potsdam:

Strukturen in der Mantel-Lithosphäre – die Entstehung der Kontinente

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. Die heutige Lithosphäre gliedert sich grob 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. Es wird angenommen, dass im Archaikum, 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 subduziert wurde. 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. Dazu gibt es verschiedene Hypothesen (siehe z.B. Santosh 2013, Abb. 1):

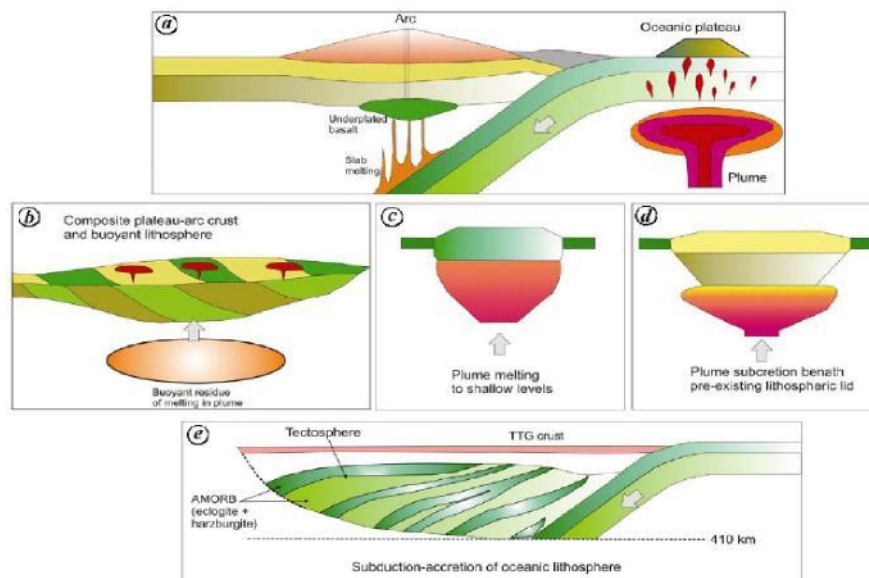


Abb. 1: Verschiedene Hypothesen zur Entstehung der Kontinente. Im wesentlichen werden Vulkanismus oder das Überschieben von ozeanischen Lithosphärenplatten angenommen.

Voraussetzung für die Entzifferung der Entstehungsgeschichte der Kontinente ist die Abbildung deren innerer Strukturen. Hier wurden in den letzten Jahren große Fortschritte mit der Entwicklung der S Receiver Function Methode erzielt (Yuan et al. 2006). Mit dieser Methode können hochauflösende Abbildungen von seismischen Grenzflächen im gesamten oberen Mantel erhalten werden. So kann erstmalig die Grenzfläche zwischen Lithosphäre und Asthenosphäre direkt abgebildet werden. Darüber hinaus ist eine bisher unbekannte Grenzfläche innerhalb alter Kontinente entdeckt worden, für die es bisher keine allgemein akzeptierte Erklärung gibt. Es besteht die Möglichkeit, dass diese neue Grenzfläche ein Hinweis ist, dass die Kontinente durch Überschiebung zweier oder mehrerer ozeanischer Lithosphärenblöcke entstanden sein können (siehe Abb. 2).

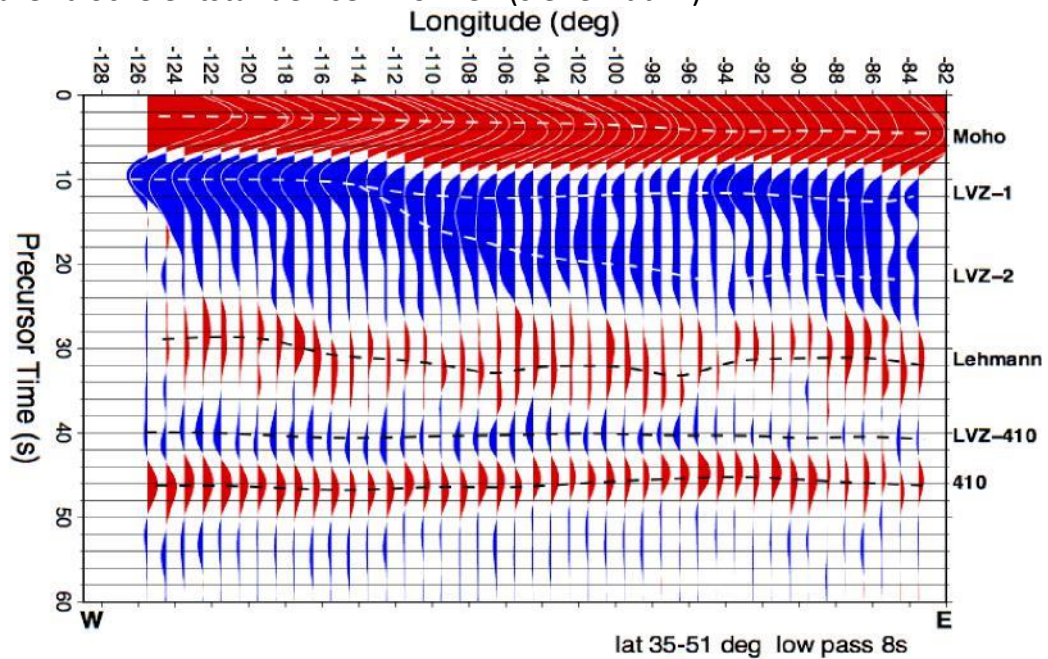


Abb. 2: S Receiver Function Profil von West nach Ost durch Nordamerika. Die wichtigsten sichtbaren Grenzflächen sind die Kruste-Mantel Grenze (Moho), die von West nach Ost abtauchende Lithosphären-Asthenosphären Grenze (LVZ-2), die neu entdeckte Grenze innerhalb des nordamerikanischen Kratons (LVZ-1), die Untergrenze der Asthenosphäre (Lehmann Diskontinuität). Eine vorgeschlagene Interpretation ist, dass sich die Lithosphärenplatte LVZ-2 unter die Platte LVZ-1 geschoben hat.

Literatur

Santosh, M. Evolution of continents, cratons and supercontinents: building the habitable Earth. *Current Science* 104, 7, 871-879 (2013).

Yuan, X., Kind, R., Li, X. & Wang, R. The S receiver functions; synthetics and data example. *Geophys. J. Int.* 165, 555–564 doi: 10.1111/j.1365-246X.2006.02885.x (2006).

Anfragen an: Kind@gfz-potsdam.de

#####

Dr. **Christoph Sens-Schönfelder**, Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam

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 unbekanntem, gleichzeitig aktiven Quellen ausgelöstem 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.

Anfragen an: christoph.sens-schoenefelder@gfz-potsdam.de

#####

Peter Knoll (MLS), Potsdam

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

Induzierte seismische Ereignisse – auch als „man made earthquakes“ bezeichnet – wurden von den Geowissenschaften in Deutschland lange Zeit wenig beachtet. In jüngster Zeit nehmen aber in Europa technische Aktivitäten zu, die mit Eingriffen in die obersten Bereiche der Lithosphäre verbunden sind und bei denen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit durch diese Eingriffe verursachte Erschütterungen an der Erdoberfläche beobachtet werden. Das trifft nicht nur für den Bergbau zu (Saarland, Ruhrgebiet, Kalibergbau in Hessen und Thüringen, Versatzbergbau in Sachsen-Anhalt, Kupferbergbau in Polen), sondern auch für Projekte der tiefen Geothermie (Deep Heat Mining Projekt Basel, Geothermiekraftwerk

Landau) und die Erdgasgewinnung im Raum Groningen, in der Nordsee und möglicherweise auch in Norddeutschland).

Zugleich rücken neue Technologien, die in das natürliche Gleichgewicht in der obersten Lithosphäre eingreifen, in die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit, wie z.B. unterirdische CO₂-Speicherung und unkonventionelle Gasgewinnung mittels Frac-Technologie sowie neue Formen der geothermischen Energiegewinnung. Dadurch wird die Frage nach dem physikalischen Mechanismus solcher induzierten seismischen Ereignisse und den Möglichkeiten der Prognose und Beherrschung von neuem gestellt und ihre befriedigende Beantwortung erfordert eine wissenschaftliche Bearbeitung.

Im Forschungskollegium für Physik des Erdinneren (FKPE, Kontakt: www.fkpe.org) widmet sich jetzt eine Arbeitsgruppe „Induzierte Seismizität“ verstärkt dieser Fragestellung. Sie analysiert den Kenntnisstand primär zu den Themenkomplexen „Seismische Überwachung“, „Unterscheidung zwischen natürlicher und induzierter Seismizität“ sowie „Begutachtungsprozess“ (DGG-Mittlg. 3/2012) und wendet sich daher vorrangig seismologischen und geophysikalischen Fragestellungen zu.

Im Vortrag wird ergänzend dazu auf die Tatsache verwiesen, dass induzierte seismische Ereignisse primär Bruchvorgänge an bevorzugten Orten in der obersten Lithosphäre sind, die zumindest gleichrangig mit gebirgsmechanischen Verfahren zu beschreiben sind. Im Hinblick auf Prognose und Beherrschung enthalten vor allem die gebirgsmechanischen Untersuchungen wichtige Instrumente der Aufklärung des Bruchmechanismus solcher Ereignisse im Vorfeld der technischen Aktivitäten und bieten damit eine gute Basis für eine standortbezogene Prognose und für Möglichkeiten der aktiven Einflussnahme auf Entstehung und Verlauf der Ereignisse und somit für Schritte zu deren Beherrschung, beginnend bereits in der Planungsphase.

An dem relativ einfachen Beispiel der Untersuchung der induzierten seismischen Ereignisse im Steinkohlenbergbau an der Saar, die im Jahre 2008 sogar zur kurzfristigen und vollständigen Einstellung des sehr effektiven Steinkohlenabbaus im Abbaufeld Primsmulde und nachfolgend im gesamten Saarland geführt haben, mittels Messung der Erschütterungsverteilung an der Erdoberfläche wird gezeigt, dass im Ergebnis gebirgsmechanischer Analysen Aussagen über die Bruchabläufe im Untergrund in der Umgebung des Steinkohlenbergbaus gewonnen werden konnten, die – im Vorfeld des Abbaus durchgeführt – zu Ansatzpunkten für die Abminderung der Erschütterungen und möglicherweise für die Beherrschung des Steinkohlenabbaus in diesem Feldesteil hätten führen können.

Der Beitrag soll eine Anregung für die Weiterführung der Analysetätigkeit der AG „Induzierte Seismizität“ des FKPE darstellen, künftig zusätzlich zu den seismologischen Analysen auch den gebirgsmechanischen Fragestellungen verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen.

Anfragen an: prof.knoll@t-online.de

#####

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 Kenntnisstand über den geologischen Aufbau des Oberrheingrabens und die durch hohe Meßdichte belegten Wärmefluß befördert. Letztlich 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. Transpressives Spannungsregime führt zur Rotation der Schollen im Gegenuhrzeigersinn und zur Heraushebung an existierenden Störungen. Die Umkehr der Bewegungsrichtung an Bewegungsflächen, die in einem Extensionsspannungsfeld 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 Mikroeben liegt dabei in einer Teufe von 1 bis 3 km und damit in einem Bereich, der durch die Landeseseismometernetze 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.

Anfragen an: hennes.obermeyer@geoerkundung.de

#####

Dr. **Werner Stackebrandt**, Potsdam, und Dr. **Dietrich Franke**, Glienicke/Nordbahn, Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften:

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 bei Springer 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).

Das waren für den Verlag Schweizerbart (Stuttgart) Gründe genug, die in den letzten Jahren erschienen landesgeologischen Beschreibungen um einen Band für das Land Brandenburg (inklusive Berlin) zu komplettieren, zumal die letzte zusammenfassende Darstellung von Kurt Hücke (1922) bereits mehr als 90 Jahre zurück liegt. Die Vortragenden griffen diese Idee gern auf, wohl wissend, dass hierfür viele Mitwirkende zu gewinnen waren. Die nunmehr aktuelle Gliederungsversion der in Vorbereitung befindlichen Geologie von Brandenburg beinhaltet die folgenden Hauptkapitel:

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

Hierfür wurden mehr als 30 Co-Autoren gewonnen, deren zumeist vorliegende Zuarbeiten aktuell von den Herausgebern redaktionell überarbeitet bzw. von den Autoren weiter verbessert werden.

Wie nicht anders zu erwarten, bilden die Abschnitte zum Quartär, zum Tertiär, zur Strukturentwicklung des Norddeutschen Beckens und zum Geopotenzial Brandenburgs die Schwerpunktthemen des mit ca. 500 Seiten Umfang geplanten Buches. Neben der erdgeschichtlichen Komponente stehen hierbei auch Fragen der Bedeutung neuartiger Potenziale für die Landesentwicklung, der Risikobewertung, der agrarischen Landnutzung und weitere Themen im Fokus. Gegenüber der verdienstvollen, aber vollständig veralteten Hückeschen Landesgeologie sind also wesentliche Themenkomplexe hinzugekommen, über die auszugsweise im Vortrag berichtet wird.

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
- LITKE, 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

Anfragen an: geostacke@googlemail.com
geofranke@onlinehome.de

#####

Jürgen Christian Kopp (MLS), Seddiner See, und **Olaf Alisch** (VBGU), Berlin

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

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. Von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe wurde 2008 berechnet, dass jeder Deutsche im Verlauf seines Lebens zwischen 1000 bis 1100 Tonnen Rohstoffe benutzt oder verbraucht. Zwei Drittel davon sollen auf Metalle, Industriemineralien 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 menschenunwürdigen und oft zweifelhaften Umweltbedingungen statt, wobei stellvertretend Länder Afrikas, Asiens und Südamerikas zu nennen sind. Angefacht vor einigen Jahren durch die plötzliche Verknappung der Seltenen Erd-Metalle und Industriemineralien (z.B. Flussspat), setzt sich langsam auch in der Öffentlichkeit die Erkenntnis durch, dass Rohstoffe nicht mehr eine stets verfügbare Ware darstellen, die 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 großen Schaden verursachen. Weiterhin ist davon auszugehen, dass in den sogenannten Schwellenländern ein stark wachsender Rohstoffbedarf zu verzeichnen ist, der seinen Teil zur Verknappung beitragen wird. In jedem Fall sind politische Entscheidungen

dringend erforderlich, die auch teilweise bereits durch die Politik aufgegriffen worden sind. So werden Initiativen gefördert, die dem sparsamen Einsatz von Rohstoffen dienen und Rohstoffpartnerschaften mit rohstoffreichen Ländern abgeschlossen.

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 Braunkohle-Vorräten verfügt Deutschland über ebenfalls große Kali- und Steinsalz-Lagerstätten. Ganz ähnlich sieht es auch bei Erzen aus: so lagern an der Zechstein Basis der Brandenburger und sächsischen Niederlausitz, in Thüringen und Sachsen-Anhalt enorme Bunt- und Edelmetallmengen (Kupfer, Zink, Blei, Silber, Gold), die gefördert werden wollen. Ähnliches gilt für das sächsische Erzgebirge, wo bedeutende Zinnvorkommen nachgewiesen sind und eine große Flussspat-Lagerstätte in Niederschlag gerade wieder angefahren wird. 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 1,5 Milliarden Tonnen.

Neben der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung und der Begrenzung der deutschen Ressourcenabhängigkeit, die auch eine politische Erpressbarkeit beinhaltet, kann u. a. damit ein Beitrag zur Verteilungsgerechtigkeit (Nord-Süd) und zur Eindämmung von Kinderarbeit 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. Wohlgermerkt, 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.

Anfragen an: juergen&birgit.kopp@t-online.de
info@vbgu.de

#####

Reimar Seltmann (MLS), London:

Ore deposit models as exploration tools: Thinking outside the box

[Zusammenfassung wird nachgereicht]

Anfragen an: r.seltmann@nhm.ac.uk

#####

Dr. **Axel Müller**, Geological Survey of Norway, Trondheim

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

Der Begriff „Urban Mining“ umschreibt die qualitative und quantitative Beurteilung (Exploration) und Gewinnung von Rohstoffen anthropogener Lagerstätten. Aufgrund des rasant steigenden Verbrauchs von kostbaren und kritischen Metallrohstoffen in der Elektro- und Hochtechnologieindustrie, wie zum Beispiel Au, Ag, W, Ni, Co, REE, Ga, Ge, In und Ta, 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 Recycling-Infrastruktur, eine effektive manuell-mechanische Trennung und Zerkleinerung von elektronischen Bauteilen, und die metallurgische Technologieentwicklung zur Extrahierung der Metalle. Am konkreten Beispiel der chemischen Zusammensetzung von Mobiltelefonen werden der gegenwärtige Stand und die Potentiale des Metallrecyclings durch Urban Mining diskutiert und mit Aufwendungen und Kosten der Gewinnung dieser Metalle durch primären Bergbaus verglichen.

Anfragen an: axel.mueller@ngu.no

#####

Prof. Dr. **Viktor Mairanowski**, Wissenschaftliche Gesellschaft bei der Jüdischen Gemeinde zu Berlin (WiGB)*

Chemie, Ökologie, Gesundheit, Mensch

Die Arbeitskontakte unserer Gesellschaft 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. Beginnend mit dem Einstein-Jahr 2005 gab es regelmäßig gemeinsame Maßnahmen. Das letzte Beispiel ist das Projekt über drei Jahre zum 150. Geburtstag von Vernadskij. Enthusiast und Hauptorganisator des Projektes war Professor Heinz Kautzleben. Im Dezemberheft 2013 der Zeitschrift „Noosfera“ wurden unsere Arbeiten veröffentlicht. Und heute freuen wir uns besonders, am Kolloquium der Leibniz-Sozietät zu Ehren von Professor Kautzleben teilzunehmen.

Für den heutigen Vortrag habe ich drei Arbeiten ausgewählt. Sie wurden von Mitgliedern unserer Gesellschaft in verschiedenen Jahren durchgeführt und haben direkte Beziehungen zum Problem „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.

Ich beginne mit der Arbeit über „Mikrobenjäger“ – die Bezeichnung ist dem seit der Kindheit bekannten Buch von Paul de Kruif entnommen:

Dr. Bella B. Lurik und Mitarbeiter: Das Desinfektionsmittel. Für die Veröffentlichung gesperrtes Urheberzeugnis der UdSSR Nr. 1253015; 06.08.1984

Wir sprechen dabei über ein Präparat mit der Bezeichnung „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 zeigt eine außerordentlich hohe Aktivität. Entsprechend fand sie 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. Schon die ersten Weltraumflüge zeigten eine anomal schnelle Vermehrung von Mikroorganismen – vielmals schneller als auf der Erde. In den Raumschiffen wurden die Geräte unbrauchbar. Zu Bella Lurik kamen zur Konsultation Spezialisten des IKI (Institut für kosmische Forschungen, heute trägt es den Namen von Gagarin). Sie übernahmen schnell die Erfahrungen mit Grilen und erhielten ausgezeichnete Ergebnisse. Und das Problem war gelöst. Hierauf können wir stolz sein: „Grilen“ wurde zur Desinfizierung der Raumschiffe als ein Standardmittel bis zum Jahre 2007 verwendet. Seit 2007 wird in den Raumschiffen ein festes Präparat verwendet, das dem Präparat „Grilen-B“ analog ist, das Bella Lurik und ihre Mitarbeiter im Jahre 1991 erarbeitet hatten.

Die zweite Arbeit: Vom „Mikrobenjäger“ zu den „Insektenjäger“, „Zeckenjäger“:

Dipl.-Biol. Vladimir Ya. Etin: Die aktive Anlockung der Zecken und Mücken durch einen autonomen Fallenkomplex. Patent der Russischen Föderation Nr. 2 459 409 C 2; 2010

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 sind die Zecken ein mächtiger ökologischer Faktor, speziell als Faktor zur zahlenmäßigen Unterdrückung einiger Arten von Nagetieren. Die Anwendung von chemischen Mitteln für die Bekämpfung der Zecken Mitteln 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: Zecken nehmen die schwachen akustischen Felder des Säugetieres wahr, d. h. sie bemerken die Vibration 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, unter Nutzung der entsprechenden Frequenzparameter erarbeitete der Autor in mehrjähriger Arbeit ein effektives akustisches Verfahren und Gerät für die Bekämpfung der Zecken und von anderen gefährlichen Insekten. (Patentanmeldung DE 10 2011 118 814 A 1 von 2013.05.23). Das Gerät ist autonom, geeignet zur Fernsteuerung. Gemeinsam mit der akustischen Strahlung für die Anziehung der Insekten werden in ihm speziell ausgewählte natürliche Attraktante verwendet.

Schließlich von den Mikroben und Insekten zum Menschen, zur Produktion von Vitamin C:

Dr. habil. Viktor G. . Mairanowski, Dipl.-Ing. Issac G. Gitlin und andere: Verfahren zur Gewinnung von Diazetonketo-L-Gulonsäure Für die Veröffentlichung gesperrte Urheberzeugnisse der UdSSR NN 1256397, 1216974 (1984) und andere.

Vor 80 Jahren wurden in der Schweizer Firma Hoffmann-La Roche 50 kg Vitamin C produziert. Das war die historisch erste industrielle Synthese von Vitaminen. 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 zur schweren Krankheit Skorbut. In der UdSSR gehörte Vitamin C zu den „strategischen“ Produkten.

Ein Engpass der Reichstein-Synthese ist das Stadium der Oxidierung. Im originalen Schema war das Oxidant Kaliumpermanganat, ein defizitäres und teures Agens; es wurde dann praktisch vollständig durch billiges Natriumhypochlorit ersetzt. Letzteres erhält man in der Chlor-Elektrosynthese, die mit ernststen ökologischen Gefahren verbunden ist. Aus diesem Grund wird die Produktion weit entfernt von bewohnten Zonen durchgeführt.

Eine äußerst verlockende Idee war, ein Verfahren zu finden zur direkten elektrochemischen Oxidation und chemische Oxidanten auszuschließen. Hierbei entstehen aber große Schwierigkeiten: der nötige Prozess wird zu 80-90 % „abgeschlachtet“ durch den nebensächlichen Prozess der Bildung von Sauerstoff – praktisch die ganze Elektroenergie geht „in die Luft“. Anfang der 1980er Jahre übernahm die Führung zur Lösung dieser Aufgabe wieder das Team ETH Zürich und die Firma Hoffmann-La Roche. Letztere war nach wie vor führend in der Vitamin-C-Produktion. Sie lösten die Aufgabe durch eine scharfe, mehr als zehnfache Senkung der Produktivität. Der Prozess wird bei ziemlich niedrigem Anodenpotential durchgeführt. Die Senkung der Produktivität kompensierten sie durch Anwendung einer speziellen Elektrolyse-Zelle mit sehr großer Oberfläche mit Nickelfolie (der sog. Swiss roll-Zelle). Wie die Zukunft zeigte, kam das ETH/Hoffmann-La Roche-Verfahren nicht zur industriellen Anwendung, vor allem wegen der Kompliziertheit bei der Nutzung der „Swiss roll“. Und die mikrobiologische Variante umgeht das Stadium der Oxidierung.

Ohne das alles zu kennen, befassten wir uns in der UdSSR Anfang der 1980er Jahre mit dieser Aufgabe, gingen sie aber auf andere Weise an. Wir versuchten, die Geschwindigkeit des ganzen Prozesses relativ zum Nebenprozess zu erhöhen mit Hilfe eines selektiven Katalysators – ja, es ging um die Kinetik von zwei elektrochemischen Reaktionen. Und bald entdeckten wir die sehr hohe selektive katalytische Aktivität von Amino-Verbindungen – auch von Ammoniak. Mit Hilfe der Amino-Verbindungen gelang es, dem Chlor in der Reichstein-Synthese zu entgehen. Das Paar „Chlor“/„Ammoniak“. Eine traurige historische Assoziation (Fritz Haber) ...

Aller Wahrscheinlichkeit nach beschränkte sich unsere Arbeit auf die Urheberzeugnisse s. o. Zu Beginn der 1980er Jahre war die Produktion von Vitamin C mit großen Reserven gewährleistet und die Produktion wurde exportiert. Jedoch erwies sich das Verfahren wegen politischer Ereignisse („das Chinesische Ereignis“) als äußerst anspruchsvoll. Schon 1984, zwei Jahre nach Beginn unsere Arbeit, wurde bei entscheidender Rolle des Hauptingenieurs des Joschkar-Olinsker Vitamin-Werkes Sergej Rozanov der Prozess in die industrielle Nutzung in diesem Werk eingeführt. Diese organische Elektrosynthese, eine der größten in der UdSSR/Russland, existierte zehn Jahre lang. Sie wurde 1994 im Zusammenhang mit der

Kürzung der Produktion von Vitamin C gestoppt. Zum ersten Mal konnten wir 2012 einen Artikel über diese Elektrosynthese veröffentlichen. Aus heutiger Sicht kann sich der damals gefundene Katalysator als nützlich erweisen für die Schaffung von Stromquellen (elektrochemische Oxidation von Alkoholen).

*Der Vortrag wurde von Dr. Bella Lurik und Prof. Dr. Viktor Mairanowski ausgearbeitet.

Anfragen an: vmairan@gmx.de

#####

Dietrich Spänkuch (MLS), Caputh

Mögliche klimatische Folgen bei weltweitem Einsatz erneuerbarer Energie

2011 betrug der weltweite Energiebedarf 17 TW (1). 2100 rechnet man mit 1400 EJ/Jahr entsprechend 44 TW (2). Angesichts dieser enormen Energienachfrage ist der Ausbau erneuerbarer Energien eine Notwendigkeit. Der Vortrag beschränkt sich auf mögliche klimatische Wirkungen der Nutzung von Sonnen- und Windenergie. Beide Energiearten stellen global beim technisch nutzbaren Potential den Löwenanteil und verzeichnen auch gegenwärtig bei weitem die höchsten Zuwachsraten der erneuerbaren Energiequellen. Über ihr Potenzial bestehen beträchtliche Unsicherheiten. Für die Windenergie differieren je nach down- oder upscaling die Angaben bis um eine Größenordnung.

Anlagen erneuerbarer Energien sind nicht nur ein Eingriff in die Landschaft, sondern sie beeinflussen auch das Klima. Die Aussagen über mögliche Klimafolgen beruhen auf Modellrechnungen mit Parametrisierung der Energieanlagen. Diese Untersuchungen zeigen klimatische Auswirkungen nicht nur vor Ort mit signifikanten Änderungen von Temperatur, Bewölkung und Niederschlag. Bei Offshore-Windparks werden im Meer Zonen von up- und downwelling induziert (3). Es existieren nur wenige Messungen über die Klimawirkung von Anlagen erneuerbarer Energien. Satellitenmessungen belegen Windabnahme im Lee von Windparks und Temperaturänderungen durch Windparks und Solaranlagen im lokalen Maßstab.

(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 Paltsev, S. (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) Ludewig, E. (2013): Influence of offshore wind farms on atmosphere and ocean dynamics. Dissertation Universität Hamburg

Anfragen an: dietrichspänkuch@web.de

#####

Oliver Schwarz (MLS), Universität Siegen, Universitätssternwarte

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

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

Anfragen an: schwarz@physik.uni-siegen.de

#####

Dr. **Rose-Luise Winkler**, DAMU (Deutsche Assoziation der Absolventen der Moskauer Universität), Berlin:

V. I. Vernadskij und die Kommission des Wissens an der Russischen Akademie der Wissenschaften resp. AdW der UdSSR (1922-1932)¹³

„Die Geschichte der Wissenschaft ist die Wissenschaft selbst“. Dieser bekannte Ausspruch Goethes wird heute vielfach von wissenschaftshistorisch Forschenden herangezogen.¹⁴ Für Vernadskij selbst wurde dies zu einem Axiom seiner Forschungen, das er dem Aufbau und der Organisation wissenschaftshistorischer Forschungen an der Akademie als allgemeinsten und allumfassendsten wissenschaftlicher Einrichtung zugrunde legte: „Charakteristisch für eine Akademie ist die wissenschaftliche Erfassung (das sich Bewusstwerden) wissenschaftlicher Probleme sub specie aeternitatis“. (von hoher Allgemeinheit) 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.

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).

Diese Grundorientierung der KIZ blieb seit ihrer Gründung (1921-1932) und Umwandlung in das Institut für Geschichte der Wissenschaften und Technik (1932 – 1938) erhalten.

Versuchen, die Arbeit der Kommission bzw. des späteren Instituts einer eingeschränkten Unterordnung zuzuführen, wurden entschieden entgegengetreten: 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 N.I. Bucharins) wurde diese Orientierung aufgegeben. Die Folgen dieser Trennung in Natur- und Technikwissenschaften einerseits und Sozial-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaften andererseits sind bis heute kaum hinreichend untersucht bzw. durchdacht.

Anfragen an: roseluise.winkler@alice-dsl.net

#####

¹³V.I. Vernadskij i komissia po istorii znaniy. K. 150-letiju so djna roždenija V.I. Vernadskogo, herausgegeben von V.M. Orel, G.I. Smagina, unter der Gesamtdirektion von Ju. M. Baturin. Moskau-Sankt-Petersburg 2013.

¹⁴Dieser findet sich auch in dem hier in (1) abgedruckten Vorwort von M.A. Bloch zu seinem biographischen Handwörterbuch „Herausragende Chemiker und Wissenschaftler des XIX und XX. Jahrhunderts“ S. 284. Блох М.А. Выдающиеся химики и ученые XIX и XX столетий, работавшие в смежных с химией областях наук. Л-д. 1929.