

# Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.



## Inhalt

Vorwort der Redaktion .....	3
Kommentar zu „Sichere Energieversorgung ohne Geowissenschaften nicht denkbar“ .....	4
Stellungnahme zum Kommentar von Thomas Ruedas .....	17
Energie und ökonomisches Wachstum .....	18
Pfaff – Kövesligethy – Sponheuer und die Abschätzung der Herdtiefe aus makroseismischen Wahrnehmungen .....	28
The Hawaiian PLUME Project: Searching for Hawaii's Magma Source using OBSs .....	34
Landslide dynamics via SDEM/SPH .....	45
Multigeophysikalische Prospektion am Burgwall Lossow .....	52
Quo Vadis Deutsche Raumfahrt? .....	59
<b>NACHRICHTEN AUS DER GESELLSCHAFT .....</b>	<b>62</b>
Protokoll der Mitgliederversammlung der DGG am 23. Februar 2011 in Köln .....	62
Text der Eröffnungsrede des Präsidenten für die Tagung der DGG 2011 in Köln .....	76
Laudatio zur Verleihung der Emil-Wiechert-Medaille an Prof. Fritz M. Neubauer .....	79
Ehrungen und Auszeichnungen auf der DGG-Tagung 2011 .....	82
Impressionen von der DGG - Tagung 2011 in Köln .....	84
Internationaler DGG/EAGE-Workshop „Geophysics for Deep Geothermal Energy“ .....	87
6. C.-F.-Gauß-Lecture mit Heidrun Kopp – EGU-Tagung Wien 2011 .....	91
FKPE ARGE Bohrlochgeophysik und Gesteinsphysik .....	92
Nachrichten des Schatzmeisters .....	94
<b>AUS DEM ARCHIV .....</b>	<b>95</b>
<b>VERSCHIEDENES .....</b>	<b>97</b>
Nachruf für Uwe Casten (1944-2010) .....	97
In memoriam Leon Knopoff (1925 - 2011) .....	99
Verleihung der Julius-Bartels-Medaille an Prof. Dr. H. Lühr .....	101
Forschungstreffen: Ohne Internet und - ohne Profs! .....	102
DGG/BDG-Seminar „Oberflächennahe Erkundung“ Neustadt/Weinstr., 2011 .....	104
NovCare 2011 .....	106
Geophysikalische Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2011 .....	109
Leserbrief .....	125

**Nr. 2/2011**

**ISSN 0934-6554**

## MITTEILUNGEN

Herausgeber:  
Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.

# IMPRESSUM

## Herausgeber: Deutsche Geophysikalische Gesellschaft

Redaktion: E-Mail [roteblaetter@dgg-online.de](mailto:roteblaetter@dgg-online.de)

Dipl.-Geophys. Michael Grinat  
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
Tel.: (+49)- 0511 - 643-3493  
E-Mail: [Michael.Grinat@liag-hannover.de](mailto:Michael.Grinat@liag-hannover.de)

Dr. Silke Hock  
Hannover  
E-Mail: [S.Hock1@gmx.de](mailto:S.Hock1@gmx.de)

Dr. Diethelm Kaiser  
Bundesanstalt für Geowissenschaften  
und Rohstoffe  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
Tel.: (+49)- 0511 - 643-2669  
E-Mail: [Diethelm.Kaiser@bgr.de](mailto:Diethelm.Kaiser@bgr.de)

**Layout:** Katrin Zaton, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

**Druck:** Druckservice Uwe Grube, Hirzenhain-Glashütten, <http://druckservice-grube.de>

Beiträge für die DGG-Mitteilungen sind aus allen Bereichen der Geophysik und der angrenzenden Fachgebiete erwünscht. Im Vordergrund stehen aktuelle Berichterstattung über wissenschaftliche Projekte und Tagungen sowie Beiträge mit einem stärkeren Übersichtscharakter. Berichte und Informationen aus den Institutionen und aus der Gesellschaft mit ihren Arbeitskreisen kommen regelmäßig hinzu, ebenso Buchbesprechungen und Diskussionsbeiträge. Wissenschaftliche Beiträge werden einer Begutachtung seitens der Redaktion, der Vorstands- und Beiratsmitglieder oder der Arbeitskreissprecher unterzogen. Die DGG-Mitteilungen sind als Zeitschrift zitierfähig. Bitte senden Sie Ihre Texte möglichst als ASCII-File oder als Word-Datei entweder auf CD-Rom oder per E-Mail an die Redaktion. Verwenden Sie nach Möglichkeit die Dokumentenvorlage, die auf den DGG-Internetseiten unter „Rote Blätter“ oder von der Redaktion erhältlich ist. Zeichnungen und Bilder liefern Sie bitte separat in druckfertigem Format, Vektorgrafiken als PDF-Dateien (mit eingebetteten Schriften), Fotos als Tiff-, JPEG- oder PDF-Dateien.

## Vorstand der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft e.V.:

### Präsidium:

(Adresse der Geschäftsstelle siehe Geschäftsführer)

Prof. Dr. Eiko Räkers (**Präsident**)  
DMT GmbH & Co. KG  
Am Technologiepark 1  
45307 Essen  
E-Mail: [eiko.raekers@dmt.de](mailto:eiko.raekers@dmt.de)

Prof. Dr. Ugur Yaramancı (**Vizepräsident**)  
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: [Ugur.Yaramanci@liag-hannover.de](mailto:Ugur.Yaramanci@liag-hannover.de)

Prof. Dr. Michael Korn (**designierter Präsident**)  
Universität Leipzig  
Institut für Geophysik und Geologie  
Talstraße 35  
04103 Leipzig  
E-Mail: [mikorn@rz.uni-leipzig.de](mailto:mikorn@rz.uni-leipzig.de)

Dr. Alexander Rudloff (**Schatzmeister**)  
Deutsches GeoForschungsZentrum  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
E-Mail: [rudloff@gfz-potsdam.de](mailto:rudloff@gfz-potsdam.de)

Dipl.-Geophys. Birger Lühr (**Geschäftsführer**)  
Deutsches GeoForschungsZentrum  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
E-Mail: [ase@gfz-potsdam.de](mailto:ase@gfz-potsdam.de)

### Beisitzer:

Dr. Udo Barckhausen  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: [Udo.Barckhausen@bgr.de](mailto:Udo.Barckhausen@bgr.de)

Prof. Dr. Thomas Bohlen  
Karlsruher Institut für Technologie  
Geophysikalisches Institut  
Hertzstraße 16  
76187 Karlsruhe  
E-Mail: [thomas.bohlen@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:thomas.bohlen@gpi.uni-karlsruhe.de)

Dr. Christian Bücker  
RWE Dea AG  
Überseering 40  
22297 Hamburg  
E-Mail: [christian.buecker@rwe.com](mailto:christian.buecker@rwe.com)

Prof. Dr. Torsten Dahn  
Universität Hamburg  
Institut für Geophysik  
Bundesstraße 55  
20146 Hamburg  
E-Mail: [torsten.dahn@zmaw.de](mailto:torsten.dahn@zmaw.de)

Dipl.-Geophys. Michael Grinat  
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: [Michael.Grinat@liag-hannover.de](mailto:Michael.Grinat@liag-hannover.de)

Dr. Thomas Günther  
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: [Thomas.Guenther@liag-hannover.de](mailto:Thomas.Guenther@liag-hannover.de)

Prof. Dr. Manfred Joswig  
Universität Stuttgart  
Institut für Geophysik  
Azembergstraße 16  
70174 Stuttgart  
E-Mail: [joswig@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:joswig@geophys.uni-stuttgart.de)

Prof. Dr. Heidrun Kopp  
IFM-GEOMAR, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften  
an der Universität Kiel  
Wischhofstraße 1-3  
24148 Kiel  
E-Mail: [hkopp@ifm-geomar.de](mailto:hkopp@ifm-geomar.de)

Prof. Dr. Charlotte Krawczyk  
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: [Charlotte.Krawczyk@liag-hannover.de](mailto:Charlotte.Krawczyk@liag-hannover.de)

Dr. Bodo Lehmann  
DMT GmbH & Co. KG  
Am Technologiepark 1  
45307 Essen  
E-Mail: [bodo.lehmann@dmt.de](mailto:bodo.lehmann@dmt.de)

Theresa Schaller  
Universität Kiel  
Institut für Geowissenschaften  
Schauenburger Str. 10  
24105 Kiel  
E-Mail: [studentensprecher@geophysikstudenten.de](mailto:studentensprecher@geophysikstudenten.de)

Dr. Ulrike Werban  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig  
E-Mail: [ulrike.werban@ufz.de](mailto:ulrike.werban@ufz.de)

Alle Mitglieder des Vorstandes stehen Ihnen bei Fragen und Vorschlägen gerne zur Verfügung.

DGG-Homepage: <http://www.dgg-online.de>

DGG-Archiv: Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Talstr. 35, 04103 Leipzig, Dr. M. Boerngen, E-Mail: [geoarchiv@uni-leipzig.de](mailto:geoarchiv@uni-leipzig.de).

# Vorwort der Redaktion

Liebe Leserin, lieber Leser,

wie Sie sehen, erreichten uns wieder eine Vielzahl von wissenschaftlichen Beiträgen und Berichten zu den verschiedensten Aktivitäten innerhalb der geophysikalischen Gemeinschaft, die wir in diesem Heft allerdings nicht alle unterbringen konnten. Freuen Sie sich daher auch schon auf das Herbstheft.

Der Bericht von Frau Kolb über das „Forschungstreffen: Ohne Internet und - ohne Prof! – Doktoranden „workshoppen“ mal anders....“ zeigt, dass wir auch an der Basis eine lebendige Gesellschaft mit Eigeninitiativen sind und nicht alles von oben kommt.

Nachdem lange Zeit keine Leserbriefe und Kommentare zu vorangegangenen Artikeln bei der Redaktion eingegangen sind, freuen wir uns ganz besonders über den Kommentar von Dr. Ruedas, der sich intensiv mit dem in Heft 1/2011 erschienen Beitrag von Dr. Heithoff über „Sichere Energieversorgung ohne Geowissenschaften nicht denkbar“ beschäftigt. Der Artikel „Energie und ökonomisches Wachstum“ von Prof. Jacoby fügt sich gut in dieses hochbrisante Thema ein. Aber lesen Sie selbst!

Wir hoffen, dass die Roten Blätter auch in Zukunft wieder verstärkt eine Plattform zur Diskussion innerhalb der DGG darstellen und somit gut sichtbar ist, dass die DGG eine lebendige Gesellschaft auch außerhalb der Jahrestagungen ist. Dies ist aus unserer Sicht auch eine wichtige Aufgabe der Mitteilungen.

Mit den Beiträgen über das Hawaii-Plume-Projekt (Laske) und über „Landslide dynamics“ (Eisermann & Joswig) schließen wir die Reihe der wissenschaftlichen Beiträge basierend auf Präsentationen der Jahrestagung 2010 in Bochum ab und starten mit dem Eröffnungsvortrag von Prof. Wörner die entsprechende Reihe der diesjährigen DGG-Tagung in Köln.

Ihr Redaktionsteam

Silke Hock, Diethelm Kaiser, Michael Grinat.

Heft-Nr. DGG-Mitteilungen	Erscheinungsmonat	Heft-Nr. GMIT	Erscheinungsmonat mit DGG-Beteiligung
1	Januar	1	-
2	Juni / Juli	2	Juni
3	September / Oktober	3	-
		4	Dezember

# Kommentar zu „Sichere Energieversorgung ohne Geowissenschaften nicht denkbar“ von Dr. Johannes Heithoff

Thomas Ruedas, Washington, D.C., USA

Ich habe mit einem Missvergnügen den Beitrag von Herrn Dr. Heithoff über die Zukunft der Energieversorgung im Heft 1/2011 der Roten Blätter gelesen. Es wäre zu wünschen gewesen, dass in einem öffentlichen Abendvortrag, wie es sein Beitrag ursprünglich war, Fakten einigermaßen ausgewogen dargestellt werden und nicht nur aus einem Blickwinkel, der vermutlich weitgehend den der RWE, des Arbeitgebers des genannten Autors, widerspiegelt, zumal ein solcher Abendvortrag auch ein Aushängeschild der DGG ist. Ich möchte mich jedenfalls als DGG-Mitglied nicht mit einer Reihe der von Dr. Heithoff vorgetragenen Standpunkte in Zusammenhang gebracht sehen und erlaube mir daher, einige Aspekte seines Beitrages hier von einem alternativen Standpunkt aus zu kommentieren.

Bevor ich auf inhaltliche Fragen eingehe, muss ich zunächst allgemein den mangelhaften Quellennachweis beanstanden. Natürlich wird man einen Abendvortrag nicht mit einem drei Dutzend Einträge umfassenden Quellenverzeichnis versehen; eine schriftlich nachbereitete Veröffentlichung wie der Beitrag in den Roten Blättern hätte dagegen einen Literurnachweis, der mehr als nur einen einzigen Eintrag umfasst, enthalten können und sollen. Viele Feststellungen und Behauptungen in Heithoffs Beitrag sind für den Leser schwer oder gar nicht nachprüfbar, da die Quelle entweder überhaupt nicht oder nur unvollständig genannt wird. Meine nachfolgenden Bemerkungen habe ich daher mithilfe zahlreicher, möglichst frei im Internet zugänglicher Quellen zu untermauern versucht.

## CO<sub>2</sub>-Emissionen

Heithoff stellt zwar fest, dass es auf dem Klimagipfel in Kopenhagen 2009 „nicht zu verbindlichen Treibhausgasemissionsminderungsvereinbarungen [...] gekommen ist“, meint aber dennoch, die Konferenz habe „der

Weltgemeinschaft ein positives Ergebnis gebracht. Nämlich das [...] 2 °C-Ziel, also die Begrenzung der globalen Erwärmung der Temperatur in der Erdatmosphäre auf maximal 2 °C gegenüber der vorindustriellen Zeit“. Dem ist keineswegs so: Dieses Ziel ist eine unverbindliche Vorgabe, die im „Copenhagen Accord“ [1], dem Abschlussdokument, gemacht wird (allerdings ohne ausdrücklich das vorindustrielle Niveau als Bezugswert zu nennen). Das ehrgeizigere Ziel von 1,5 °C, das noch in früheren Entwürfen [2, z.B. S. 12] enthalten und mit einer Konzentration von 350 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalent gekoppelt ist, kommt hier nicht mehr vor. Zudem ist die windelweiche und auf fragwürdige Weise zustande gekommene [3,4] Kopenhagener Vereinbarung von der Konferenz nur „zur Kenntnis genommen“ worden, stellt also noch nicht einmal formal einen bindenden Vertrag dar. Damit ist sie das Papier nicht wert, auf dem sie steht, und der Gipfel hat überhaupt nichts gebracht.

Um das 2 °C-Ziel zu erreichen, „muss der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre auf 450 [...] ppm begrenzt werden“, so schreibt Heithoff unter Berufung auf „die Klimaforscher“, womit er vermutlich das IPCC (International Panel on Climate Change) meint. Das IPCC zieht in seinem Bericht von 2007 jedoch nicht die Schlussfolgerung, dass das 2 °C-Ziel sicher erreicht wird, wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration unter dem genannten Wert bleibt, sondern stellt lediglich fest, dass 2,1 °C die beste Schätzung innerhalb einer Bandbreite von 1,4 bis 3,1 °C mittlerer globaler Erwärmung bei Einhaltung dieses Grenzwertes sind [5, z.B. S. 791]. Neuere Studien deuten jedoch darauf hin, dass zur Erhaltung von Umweltbedingungen, die mit der heutigen Zivilisation und Natur noch einigermaßen zu vereinbaren sind, ein Grenzwert von höchstens 350 ppm notwendig ist [6]; der heutige Wert liegt bei 385 ppm. Selbst im Rahmen des „Copenhagen Accord“ wird also schon mit gravierenden klimatischen Effekten zu rechnen sein.

## Erdöl, Erdgas und Kohle; CCS

Im Anschluss an die CO<sub>2</sub>-Emissionsszenarien diskutiert Heithoff die zukünftige Bedeutung von Erdöl, Erdgas und Kohle als Energieträger. Er stellt hierzu lapidar fest: „Man darf nicht unterschlagen, [...] dass global gesehen fossile Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle weiterhin eine wesentliche, wenn nicht sogar die wesentliche Rolle spielen werden“, d.h. er setzt voraus, dass die Ressourcen in jedem Fall vorhanden sind und dass die Gesellschaft in jedem Fall bereit ist, den ökonomischen und ökologischen Preis für ihre Ausbeutung zu zahlen. Weiter heißt es unter Berufung auf Maugeri: „Ob es mit dem Erdöl demnächst zu Ende geht, ist diskutabel“, da es noch „eine Reihe unentdeckter Ressourcen“ gebe, die mit modernen Explorationstechniken erschlossen werden können. In diesem Zusammenhang ist vielleicht von Interesse, dass Leonardo Maugeri ein führender Manager des italienischen Erdölkonzerns Eni ist und daher von Berufs wegen vermutlich kein Interesse daran hat, die Zukunft seiner Branche kleinzureden; im Gegensatz zu Verfechtern der „Peak Oil-Theorie“ wie M. King Hubbert oder Colin J. Campbell ist er auch kein Geowissenschaftler, sondern Ökonom. Wenngleich er Recht damit haben dürfte, dass die technologische Entwicklung auch in Zukunft die Entdeckung und Erschließung von Erdölvorkommen ermöglichen kann, die heute noch unerkannt oder zumindest bei den derzeitigen Preisen unprofitabel sind, weiß er jedoch offenbar nicht, wie viel Öl tatsächlich verfügbar

ist und zu welchem Preis; er gibt allerdings zu, dass die Gewinnung dieses Öls deutlich teurer sein wird als in der Vergangenheit [7]. Tatsache ist jedoch, dass einige der größten bekannten Ölsvorkommen ihr Produktionsmaximum überschritten haben, darunter das mexikanische Cantarell-Feld [8] und das kuwaitische Burgan-Feld [9]. Die Rate, mit der neue Vorkommen entdeckt werden, nimmt bereits seit den 1960er Jahren ab (Abb. 1), und bereits heute sind über sechzig erdölproduzierende Länder, darunter auch ehemals große Produzenten wie die USA, zumindest im Hinblick auf konventionelle Vorkommen jenseits ihrer Produktionsspitze [10,11]. Die gesamte Argumentation basiert im Wesentlichen auf der Annahme, dass man immer noch weiter Öl finden und fördern kann, wenn man nur genug Geld und Aufwand investiert. Diese Annahme ist nicht nur aufgrund der Endlichkeit der Ressourcen falsch, sondern lässt auch außer Acht, dass das Produkt irgendwann nicht mehr rentabel und mit vertretbarem Aufwand produziert werden kann, weil die breite Masse der Bevölkerung die ökonomischen und ökologischen Kosten, die auf sie abgewälzt werden, nicht mehr tragen kann oder will. Ist das globale Produktionsmaximum für „konventionelles“ Öl überschritten, womit in diesen Jahren zu rechnen ist (Abb. 1), wird eine wachsende Lücke zwischen der weiter steigenden Nachfrage seitens der hoch industrialisierten Welt sowie bevölkerungsreicher Schwellenländer wie China und Indien und dem Nachschub klaffen, die wahrscheinlich nicht von den schwieriger erschließbaren unkonventionelleren Quellen mit

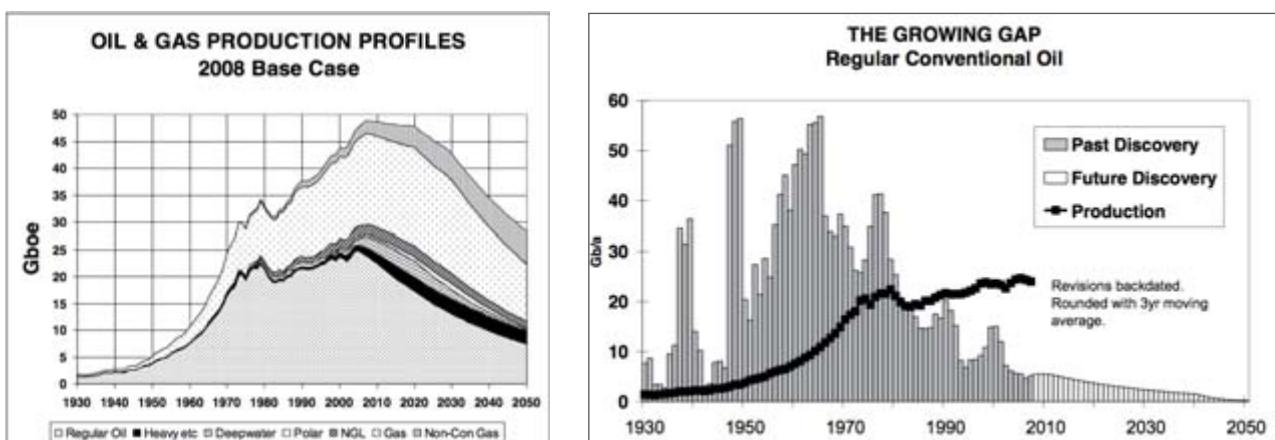


Abb. 1: Historische und prognostizierte Produktion verschiedener Kohlenwasserstoffe in Milliarden Barrel Öl-Äquivalent (Gboe) (links) und Auffindung und Produktion konventioneller Ölsvorkommen in Milliarden Barrel pro Jahr (rechts), 1930-2050 [14].

der notwendigen Effizienz geschlossen werden kann. Dies wird zu gravierenden ökonomischen und politischen Krisen führen [12,13].

Es ist also wahrscheinlich, dass bereits in der nahen Zukunft Kohlenwasserstoffvorkommen, die bisher nur relativ wenig ausgebeutet worden sind, eine immer größere Rolle spielen werden. Wenn einfach zu förderndes Öl noch so üppig vorhanden wäre, warum stößen die Ölgesellschaften in immer größere Wassertiefen bei der Offshore-Produktion vor, wo die Förderung viel schwieriger, teurer und gefährlicher ist, oder erschließen in zunehmendem Maß unkonventionelle Vorkommen wie die Ölsande in der kanadischen Provinz Alberta? Diese Beispiele zeigen, in welche Richtung sich die Öl- und Gasproduktion entwickelt und welche ökologischen Konsequenzen ein langfristiges Festhalten am Öl schon im Hinblick auf die Produktion hat. Die Ölkatastrophe im Golf von Mexiko hat hoffentlich jedem gezeigt, welche enormen Risiken in der Offshore-Produktion in großen Wassertiefen stecken und dass Ölkonzerne, die daran interessiert sind, ihr Produkt zu konkurrenzfähigen Preisen unter die Leute zu bringen, nicht willens oder in der Lage sind, die sichere Förderung zu gewährleisten. Die Ölgewinnung aus Ölsanden, wie sie besonders in Alberta betrieben wird, ist um ein mehrfaches energieaufwendiger als konventionelle Ölproduktion. Um ein Barrel Öl aus Ölsand zu produzieren, werden 2 bis 4.5 Barrel Wasser benötigt, und nur etwa 10 % davon werden in den natürlichen Wasserkreislauf zurückgeführt, während der Rest als hochgiftige Brühe in Rückstandsbecken verbleibt, die in Alberta bereits jetzt eine Fläche von mehreren Dutzend Quadratkilometern bedecken. Dies und andere Aspekte der Produktion wie insbesondere die teilweise Förderung im Tagebau haben bereits jetzt zur Beeinträchtigung bis hin zur Verwüstung von mehreren hundert Quadratkilometern Land geführt [15,16].

Der ökologische Preis, der für eine langfristige Fortsetzung der Erdöl- und Erdgasförderung gezahlt werden müsste, wird von Heithoff vollkommen ignoriert. Doch selbst wenn man bereit wäre, die Umweltschäden, die mit der Produktion auch in Zukunft verbunden sein werden, in Kauf zu nehmen, empfiehlt es sich

aus mindestens zwei Gründen nicht, an diesen Energieträgern längerfristig festzuhalten. Erstens deuten die obengenannten Ergebnisse der Klimaforschung, die auch von Heithoff selbst nicht bestritten werden, darauf hin, dass die Menschheit keinen Spielraum für eine noch stärkere oder auch nur gleichbleibende Nutzung von Öl und Erdgas mehr hat, wenn eine Klimakatastrophe noch halbwegs vermieden werden soll. Zweitens ist es wenig vorausschauend, sich auf das langfristige Vorhandensein eines fossilen Energieträgers, dessen Verfügbarkeit man nicht garantieren kann, zu verlassen, nur weil es bisher funktioniert hat. Angesichts der Anzeichen dafür, dass die Verfügbarkeit nachlässt bzw. immer teurer wird, ist man gut beraten, sich so schnell wie möglich von solchen Energieträgern unabhängig zu machen, um zukünftigen Engpässen zuvorzukommen. Für Geowissenschaftler werden Arbeitsplätze in der Kohlenwasserstoffprospektion im bisherigen Umfang daher wohl keine so lange Zukunft mehr haben.

Für die Verfügbarkeit von Kohle gelten grundsätzlich ähnliche Überlegungen, auch wenn die Datenlage hier noch unsicherer zu sein scheint als bei Erdöl und Erdgas; in beiden Fällen sind nicht alle Informationen über den Umfang der Lagerstätten öffentlich verfügbar, und zumindest im Fall des Erdöls sind die entsprechenden Daten in der Vergangenheit bereits aus wirtschaftstaktischen Gründen manipuliert worden. Es mag zutreffen, dass die Reichweite der Kohlevorkommen bei 150 bis 200 Jahren liegt, wie von Heithoff angegeben, aber auch hier gilt, dass das Fördermaximum in sehr viel näherer Zukunft liegt – nach einigen Modellrechnungen in etwa 15 bis 25 Jahren [17,18] – und danach die Förderung schwieriger wird und die Preise steigen. Es ist zumindest besorgniserregend, dass bereits seit 30 Jahren die Schätzungen der weltweiten Kohlevorkommen regelmäßig nach unten korrigiert worden sind und mittlerweile nur noch bei etwa 50 % des Wertes von 1980 liegen. Im Übrigen ist Heithoffs Behauptung, die „Verteilung der Kohlevorkommen [sei] global gesehen mehr oder weniger gut ausgewogen“ gewagt angesichts der Tatsache, dass 85 % der Kohlereserven in nur sechs Ländern (USA, Russland, Indien, China, Australien, Südafrika) liegen, die auch heute bereits entsprechend die

Produktion dominieren; die USA, der mit Abstand größte Produzent, hat bereits das Maximum der Produktion hochwertiger Kohle überschritten [17,19].

Ich stimme grundsätzlich Heithoffs Einschätzung zu, dass die Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> (CCS, Carbon dioxide Capture and Storage) eine notwendige Komponente zukünftiger Energietechnologie sein könnte und Geowissenschaftler hier ein potenziell wichtiges neues Betätigungsgebiet finden. Er erweckt allerdings den Eindruck, dass die technischen Aspekte der CCS bereits mehr oder weniger gelöst (oder zumindest lösbar) sind und CCS-Verfahren auch tatsächlich die notwendige Kapazität haben, um bereits kurzfristig aber natürlich auch langfristig in signifikantem Umfang CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und CO<sub>2</sub> dauerhaft zu binden. Angesichts der Tatsache, dass erst seit etwa 15 Jahren erste praktische Versuche mit der Wiedereinleitung von CO<sub>2</sub> in unterirdische Lagerstätten im Sinne von CCS gemacht werden und erst im Lauf des letzten Jahrzehnts größere Projekte die Möglichkeiten und Probleme von CCS-Verfahren in großindustriellem Maßstab zu erkunden begonnen haben, habe ich Zweifel, dass diese optimistische Grundhaltung angebracht ist. Verschiedene Studien geben recht unterschiedliche Einschätzungen ab, wann CCS-Technologien marktreif sein werden. So stellen sowohl das Umweltbundesamt als auch das Wuppertal-Institut fest, dass die großtechnische Marktreife der gesamten Produktionskette aus Rückhaltung, Transport und sicherer Lagerung des CO<sub>2</sub> erst etwa zwischen 2025 und 2035 erreicht sein wird und damit zu spät käme, um im Rahmen der notwendigen Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung wirksam zu sein [20, z.B. S. 28; 21]. Die letztere Studie kommt für Europa zu dem Schluss, dass „das Lagerungspotenzial insgesamt nicht ausreichen dürfte, um die gesamten Emissionen einzulagern“ schätzt die Kapazität jedoch als ausreichend ein, um „einen Teil der nordeuropäischen Emissionen unter der Nordsee zu deponieren“; speziell für Deutschland stellt sie fest, dass die Abschätzungen der Lagerkapazität für CO<sub>2</sub> aus verschiedenen Studien der letzten Jahre zwi-

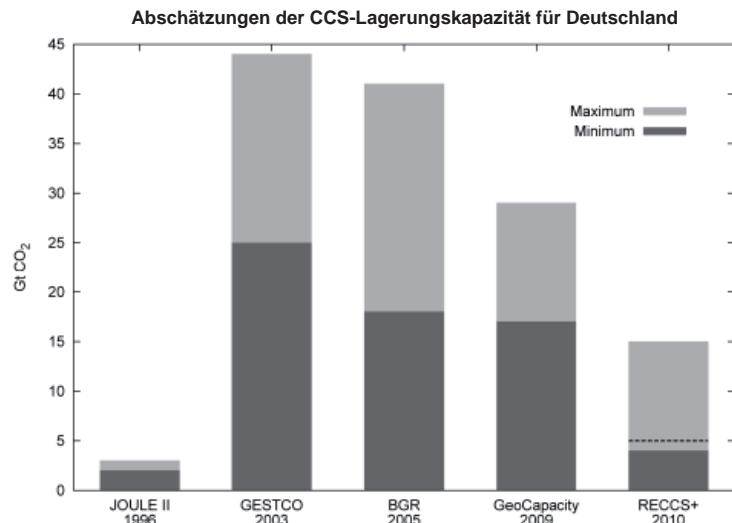


Abb. 2: Abschätzungen der CCS-Lagerungskapazität für Deutschland in verschiedenen Studien [vereinfacht nach 21, Abb. 7-10]. Nach allen Studien haben Gasfelder eine Kapazität von ca. 1.5-2 Gt, während Ölfelder keine Rolle spielen; den Rest der Kapazität stellen Aquifere an Land und unter der Nordsee. Die gestrichelte Linie bei RECCS+ markiert das Basismodell dieser Studie.

schen 2 und 44 Gt schwanken und selbst für individuelle Studien die Unsicherheit zum Teil bei mehr als einem Faktor 2 liegt (Abb. 2). Auch die International Energy Agency (IEA), deren Einschätzungen generell deutlich optimistischer sind und an deren Untersuchungen übrigens auch RWE beteiligt ist, legt den Beginn der kommerziellen Phase der CCS-Technologien zwischen 2020 und 2030 [22, S. 15]. Die Einführung von CCS-Verfahren ist auch nicht kostenlos: selbst bei Verfahren, die nicht auf der Mineralisierung des CO<sub>2</sub> basieren, ist der Energieverbrauch eines Kraftwerks 10–40 % höher als bei einer vergleichbaren Anlage ohne CCS, während der CO<sub>2</sub>-Nettoausstoß um 80–90 % niedriger wäre [23]. Die Einführung der CCS würde auch den Energiepreis steigen lassen und kann damit den derzeit noch bestehenden Wettbewerbsnachteil diverser regenerativer Energien zumindest verringern.

## Kernenergie

Heithoff beginnt seine Ausführungen zum Thema Kernenergie wie folgt: „Häufig wird ja der Versuch unternommen, aufgrund des Anteils von zurzeit 13,6 % an der weltweiten Stromerzeugung [...] den Beitrag der Kernenergie als substituierbar zu deklarieren. Mit der gleichen

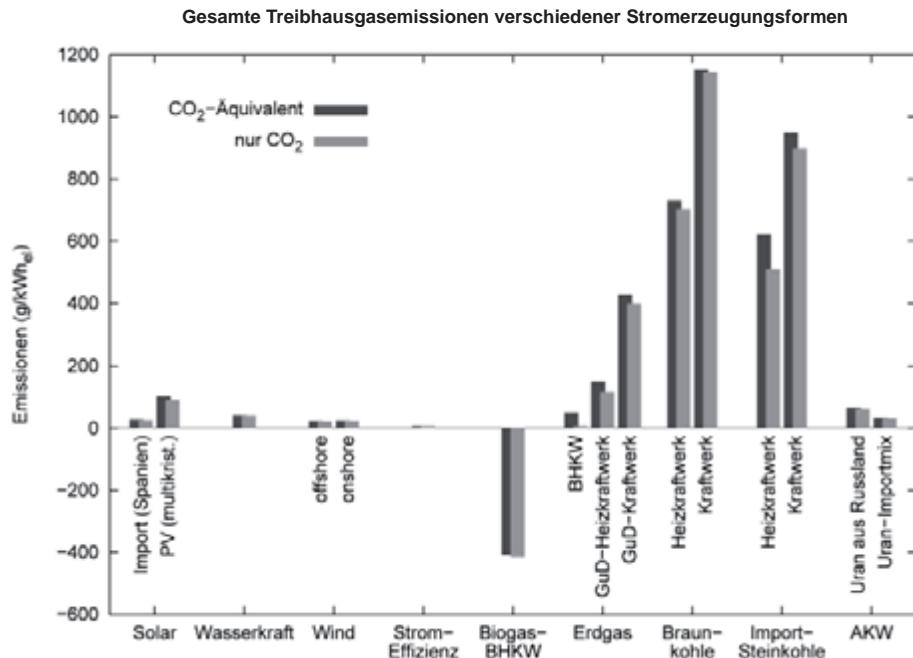


Abb. 3: Gesamte Treibhausgasemissionen verschiedener Stromerzeugungsformen in Deutschland unter Berücksichtigung vorgelagerter Prozesse wie Transport und Anlagenherstellung [24, Tab. 3]. In die Berechnung wurden Gutschriften für die kombinierte Strom- und Wärmeproduktion (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK) einbezogen, wo diese möglich ist; dies ermöglicht die rechnerisch negativen Emissionen beim Biogas-Blockheizkraftwerk.

Messlatte müsste sich aber auch die Wasserkraft messen lassen. Diese betrug im Jahr 2008 rund 15,7 % an der weltweiten Stromerzeugung<sup>10</sup>. Diese Argumentation verkennt vollkommen, dass es in der einschlägigen Diskussion gar nicht darum geht, irgendeine Energiequelle durch irgendeine andere zu ersetzen; wenn dies das Problem wäre, böten sich andere, kleinere Energieträger viel leichter als substituierbar an. In der Diskussion geht es vielmehr darum, eine bestimmte Energiequelle, die mit erheblichen Sicherheitsrisiken verschiedener Art belastet ist, durch andere, weniger gefährliche Energieträger zu ersetzen. Wenn Heithoff der Meinung ist, der „Versuch einer einseitigen Marginalisierung zulasten eines Primärenergieträgers“ d.h. der Kernenergie) sei „nicht gerechtfertigt und zielführend“, sollte er auch erklären, wieso seiner Ansicht nach anscheinend ein Staudammbruch, der wohl das schlimmste Katastrophenszenario bei der Wasserkraft ist, und ein nuklearer Super-GAU, der gerade in Europa große, dicht besiedelte Landstriche mindestens für Jahrzehnte unbewohnbar machen und nach Angaben des Bundeswirtschaftsministeriums volkswirtschaftliche Schäden in der Größenordnung von

5 Billionen Euro verursachen kann [25,26], in die gleiche Risikoklasse gehören.

Wie bereits beim Erdöl setzt Heithoff voraus, dass die Kernenergie „als CO<sub>2</sub>-freie Stromerzeugungsquelle [...] ihre Rolle auch zukünftig zu spielen“ hat und beruft sich wiederum auf die Untersuchungen der IEA bzw. den „Konsens in den internationalen Fachgremien“, die allerdings nicht genauer identifiziert werden. Eines dieser Gremien ist sicher die Forschungsgruppe Treibhausgase der IEA, an denen neben Vertretern der beteiligten Regierungen wie erwähnt auch RWE sowie diverse andere internationale Energie- und Ölkonzerne wie BP und ExxonMobil beteiligt sind, aber keine Umweltschutzorganisationen, und die daher nicht so unabhängig ist, wie es in Heithoffs Beitrag erscheint. Heithoff stellt fest, dass der Anteil nuklearer Stromerzeugung in Zukunft steigen wird. Zunächst sei darauf hingewiesen, dass es strenggenommen keine CO<sub>2</sub>-freien Energiequellen gibt. Betrachtet man den gesamten Zyklus der Energieproduktion bei einem Energieträger, muss man die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die z.B. bei der Herstellung des Kraftwerks und des Brennstoffs anfallen, be-

rücksichtigen und zu den Emissionen durch die Stromerzeugung selbst hinzurechnen. Vergleicht man hier den Zyklus bei einem Kernkraftwerk mit dem anderer Energieträger, so zeigt sich, dass AKWs zwar in der Tat nur einen Bruchteil der etwa von Kohlekraftwerken ausgestoßenen Treibhausgase produzieren, aber den meisten regenerativen Energieträgern unterlegen sind oder mit ihnen auf vergleichbarem Niveau liegen [24, z.B. S.7f.] (Abb. 3).

Als Betätigungsfeld der Geowissenschaften nennt Heithoff als erstes die Exploration nach Uran und Thorium. Beide Substanzen sind, ebenso wie die im vorigen Abschnitt diskutierten fossilen Brennstoffe, eine begrenzte Ressource, die irgendwann ein Produktionsmaximum erreicht und deren Förderung und Verwertung nach dessen Überschreitung immer schwieriger und teurer wird. Für Uran, dem derzeitigen Hauptbrennstoff in Kernkraftwerken, sagt eine Studie der Energy Watch Group (EWG) eine Erschöpfung der gesicherten Reserven innerhalb der nächsten 25 Jahre vorher; zieht man wahrscheinlich vorhandene Reserven hinzu, reicht der Vorrat für weitere etwa 65 Jahre. Ein langerer Zeitrahmen für die Nutzung von Uran müsste sich auf unsichere Spekulationen über noch unentdeckte Vorkommen stützen und würde, selbst wenn sich diese erfüllen, zu einem deutlichen Anstieg des Energiepreises führen [27]. Neuere Abschätzungen der Nuclear Energy Agency (NEA), auf deren Daten sich auch die EWG-Studie stützte, haben zwar die Schätzwerte für vorhandene Reserven nach oben korrigiert, weisen aber darauf hin, dass aufgrund gestiegener Förderkosten die Menge billiger Ressourcen „signifikant“ abgenommen hat [28]. Man darf also davon ausgehen, dass auch Atomstrom schon aus diesem Grund in Zukunft deutlich teurer wird. Die Nennung von Thorium im Zusammenhang mit der Kernkraft lässt daher aufhorchen. Die Attraktivität von Thorium beruht darauf, dass seine Konzentration in der kontinentalen Kruste etwa viermal höher ist als die von Uran [29] und es in einem bisher selten realisierten Reaktortyp verwendet werden kann, der nach Auskunft seiner Befürworter besonders sicher ist und besonders wenig Abfälle produziert. Der bisher einzige kommerzielle Reaktor in Deutschland, in dessen Energieproduktionsprozess Thorium involviert war (als Brutmaterial), war der

Thorium-Hochtemperaturreaktor (THTR) in Hamm-Uentrop, ein heliumgekühlter Kugelhaufenreaktor, der nach über anderthalb Jahrzehnten Bauzeit nach einer Betriebsdauer von nur etwa einem Jahr abgeschaltet werden musste, nachdem der Betreiber nach verschiedenen technischen Schwierigkeiten einschließlich eines Störfalls 1986 in finanzielle Schwierigkeiten geriet. Sein Bau und die anschließende Stilllegung haben bisher etwa 2,4 Milliarden Euro gekostet, für die Kosten des Rückbaus, der nicht vor 2023 beginnen kann, werden mindestens weitere 350 Millionen veranschlagt [30, S. 32]. Andere Thoriumreaktortypen wie Flüssigsalzreaktoren sind noch nicht kommerziell eingesetzt worden und würden erst in zehn bis zwanzig Jahren zur Marktreife gelangen. Während die Politik zumindest hier in Deutschland gerne betont, dass die Kernenergie höchstens als Brückentechnologie gesehen wird, plante man bei RWE also offenbar schon vor der formalen Aufkündigung des Atomkonsenses im Herbst 2010 zukünftige Reaktorgenerationen, die zum Teil auf Technologien basieren, die heutzutage noch längst nicht ausgereift sind.

Die anderen beiden Betätigungsfelder sind nach Heithoff die „Aufsuchung sicherer geologischer Formationen für die langfristige Einlagerung radioaktiver Abfälle“ und „vor allem sicherheitstechnische Aspekte für den Betrieb von Kernkraftwerken und auch von großen Wasserkraftwerken“, besonders im Hinblick auf Erdbebensicherheit. Bei aller Zustimmung für die Bedeutung der Erdbebensicherheit von Kraftwerken finde ich jedoch nicht, dass „hier und vor allem hier [...] der geophysikalische Sachverständig gefragt“ ist und anscheinend nicht ganz so sehr bei der Suche nach Endlagern. So hat geowissenschaftlicher Sachverständig offenbar nicht die entscheidende Rolle gespielt, als der Salzstock Gorleben als Endlager für Atommüll ausgewählt wurde, wobei die Regierungen Albrecht und später auch Kohl offenbar eine klare Empfehlung des Geologen und ehemaligen BGR-Vizepräsidenten Gerd Lüttig aus politischen Gründen übergangen haben [z.B. 31,32,33]. Die Verantwortung für die Entscheidung liegt zwar zunächst bei den Regierungspolitikern, aber angesichts der Mitte der 1970er Jahre drohenden Ablehnung weiterer Betriebsgenehmigungen durch den damaligen

Bundesinnenminister steht außer Frage, dass die Atomindustrie ein großes Problem gehabt hätte, wenn nicht der Anschein erweckt worden wäre, das Entsorgungsproblem sei im Prinzip gelöst. Gelöst ist dieses Problem in Deutschland und auch anderswo bekanntlich auch heute, mehr als dreißig Jahre später, noch nicht. Dennoch vertritt auch die derzeitige Bundesregierung unter erneuter Missachtung der wissenschaftlichen Befunde die Meinung, eine ergebnisoffene Suche sei nicht notwendig und hat obendrein der Forderung der großen Energiekonzerne nach einer Verlängerung der Laufzeiten entsprochen, die die Menge zu entsorgenden Mülls noch erheblich weiter ansteigen lässt [34]. Daher hat Heithoff zwar Recht, wenn er die Identifizierung eines geeigneten Endlagers als wichtige künftige Aufgabe der Geowissenschaften benennt, aber die Forderung, unter diesen Umständen die Kernenergie weltweit langfristig beizubehalten und sogar auszuweiten und die Prospektion nach Kernbrennstoffen weiterzuführen, ist kurzsichtig und verantwortungslos.

## Regenerative Energien

In seinen Bemerkungen zu regenerativen Energien ignoriert Heithoff erneut, dass das Thema Sicherheit ein wesentlicher Grund war und ist, den Ausstieg aus der Kernenergie zu fordern, indem er moniert, dass laut Energiekonzept der Bundesregierung „nach 2035 [...] die Kernenergie – obwohl CO<sub>2</sub>-frei – keinen weiteren Beitrag zur Emissionsminderung liefern dürfen“ soll, da sie durch regenerative Energien ersetzt wird. Abgesehen davon, dass, wie bereits weiter oben erwähnt, auch die Kernenergie nicht vollkommen CO<sub>2</sub>-frei ist, ist es eine unzulässige Verzerrung der Tatsachen, in dem gesamten Beitrag zu verschweigen, dass erstens das Endlagerproblem noch immer weit entfernt von einer Lösung ist und zweitens es noch andere, nicht durch geowissenschaftliche Expertise zu lösende Sicherheitsrisiken gibt – allen voran den Faktor Mensch – die im Fall der Kernenergie weitaus gravierendere Konsequenzen haben können als bei allen anderen Energiequellen. Es wäre an der Zeit, dass man bei RWE, auf deren Konto u.a. mit der Beinahe-Katastrophe in Biblis A im Dezember 1987 einer der gravierendsten Zwischenfälle in einem deutschen

AKW geht, diesem Aspekt endlich Rechnung trägt, anstatt ihn unter den Teppich zu kehren [35], zumal im Schadensfall laut Atomgesetz nur Schäden bis 2,5 Milliarden Euro durch die vom Betreiber zu zahlende Versicherung abgedeckt sein müssen (AtG, insbes. §§13, 31 und 34) [26,36], d.h. nur ein winziger Bruchteil der bei einem Super-GAU tatsächlich zu erwartenden Schäden. Weder diese Deckung noch das Eigenkapital des Betreibers, dessen Aktien nach einem solchen Ereignis vermutlich kaum mehr als Makulatur sein werden, würde also auch nur annähernd ausreichen, um wenigstens finanzielle Kompensation im Fall einer Katastrophe zu leisten. Nach der Tschernobyl-Katastrophe hat man noch einen so schweren Unfall für hierzulande praktisch unmöglich erklärt und arrogant eine sicherheitstechnische Überlegenheit westlicher und insbesondere deutscher Meiler gegenüber dem dortigen Reaktortyp postuliert. Kurz vor Fertigstellung dieses Kommentars hat das Desaster von Fukushima nach dem großen Tōhoku-Beben dieses Jahres, das einen Reaktortyp betraf, der auch in Deutschland an mehreren Standorten in Betrieb ist, diese Sichtweise leider aufs gründlichste widerlegt. Selbst in einem Land, dessen Sicherheitsstandards mit den deutschen vergleichbar sein dürften und das im Umgang mit Erdbeben versierter ist als jedes andere, ist es nicht gelungen, einen schweren Reaktorunfall unter Kontrolle zu behalten. Dabei spielt es keine Rolle, dass in Deutschland ein so schweres Erdbeben wohl nicht zu erwarten ist. Was zählt, ist, dass eine Kombination von Umständen, die man entweder nicht vorausgesehen oder deren Möglichkeit man ignoriert hat, zu einer prekären Situation mit weitreichenden und gravierenden Folgen geführt hat; ist es in Deutschland kein Erdbeben, so kann es z.B. der Absturz eines großen Flugzeugs sein, gegen den kein deutscher Meiler ausgelegt ist und der daher zu einer Katastrophe führen kann [37].

Im Übrigen ist das Energiekonzept der Bundesregierung mit der in ihm enthaltenen Laufzeitverlängerung, die nach dem Bruch des Atomkonsenses beschlossen wurde, bereits ein großes Zugeständnis an die großen Energieerzeuger und wird dem Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung zufolge die verstärkte Einführung regenerativer Energien behindern [38], den

Energieriesen dagegen auf Jahre hinaus zusätzliche Milliardengewinne sichern. Heithoff merkt an, dass es viele Studien zum Ausbau der regenerativen Energien gibt und schreibt: „Die Bundesregierung und vor allem das Bundesumweltministerium bemühen hier immer die sogenannte Leitstudie“, auf der die Zielwerte für das Energiekonzept basieren. Die Leitstudie bemühen sollten sie wohl auch, schließlich war das (seinerzeit noch SPD-geführte) Bundesumweltministerium Auftraggeber derselben [z.B. 20]; sie wird von Experten u.a. von der DLR und von der Fraunhofer-Gesellschaft erarbeitet und erschien bisher jährlich neu. Das Energiekonzept der Bundesregierung weicht jedoch von der Leitstudie ab; die letzte Leitstudie, die zunächst von der jetzigen Regierung unter Verschluss gehalten wurde, schätzt den technisch möglichen Anteil regenerativer Energien an der Energie- bzw. Stromerzeugung wesentlich höher ein als das Energiekonzept. Da bereits neue fossile Kraftwerke im Bau sind und die Laufzeitverlängerung auch nach Fukushima von den Regierungsparteien noch nicht zurückgenommen worden ist, ergibt sich daraus, dass die regenerativen Energien daran gehindert werden, ihr volles Potenzial auszuschöpfen. Die Bundesregierung scheint übrigens nicht zu beabsichtigen, die Folge der Leitstudien über das Ende dieses Jahres hinaus fortzusetzen [39].

An den Szenarien des Energiekonzepts und der Leitstudie bemängelt Heithoff, dass sie „mittel- und langfristig Subventionen zur Markteinführung der regenerativen Energien beinhalten, [...] aber nicht die volkswirtschaftlichen Aspekte oder aus Investorensicht die betriebswirtschaftlich auch sinnvollen Alternativen zur Erreichung der gleichen Treibhausgasemissionsminderungsziele“ betrachten. Subventionen zur Markteinführung relativ neuer Technologien sind nichts Ungewöhnliches und wurden (und werden immer noch) in direkter oder indirekter Form auch von Kohle und Kernkraft in Anspruch genommen. Zieht man alle direkten Subventionen, Steuervergünstigungen z.B. im Zusammenhang mit den Rückstellungen für Stilllegung und Entsorgung sowie beim Emissionshandel, Exportkredite und die Entbindung von einer vollen Haftpflichtversicherung für Unfälle zusammen, so ergibt sich allein für Atomstrom eine

staatliche Unterstützung im Zeitraum von 1950 bis 2010 von real mindestens 203 Milliarden Euro (in Preisen von 2010), also im Schnitt mindestens ca. 3,4 Milliarden Euro pro Jahr; rechnet man die bereits jetzt bekannten zukünftigen Kosten zusammen, so ergibt sich selbst ohne Einbeziehung der Laufzeitverlängerung ein Förderwert von weiteren knapp 100 Milliarden Euro [30]. Eine ähnliche Rechnung führt auf staatliche Förderung in Höhe von real mindestens 295 Milliarden Euro für Steinkohle und mindestens 67 Milliarden Euro für Braunkohle (in Preisen von 2008) im Zeitraum von 1950 bis 2008 [40]. Diese nichtregenerativen Energien haben also seit 1950 weit über eine halbe Billion Euro an staatlicher Förderung erhalten. Betriebswirtschaftlich aus Investorensicht war das sicher sehr sinnvoll für die Empfänger; ob die volkswirtschaftlichen Aspekte gebührend betrachtet worden sind, als der Staat z.B. mit über zwei Milliarden Euro zum niemals in Betrieb gegangenen RWE-Reaktor Kalkar beigetragen hat [41] oder als die Entscheidung fiel, die Kernkraftwerksbetreiber nicht zu einer vollständigen Deckungsvorsorge für eventuelle Unfälle zu verpflichten, bezweifle ich. Fest steht, dass es um die Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie ganz anders bestellt wäre, wenn es eine solche Verpflichtung gäbe.

Ein wichtiger Aspekt der zukünftigen Energieerzeugung im Hinblick auf den Treibhauseffekt sind die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der einzelnen Technologien. Heithoff präsentiert hierzu in seiner Abbildung 11 eine RWE-interne Untersuchung, bei der als Referenz ein hocheffizientes Steinkohlekraftwerk mit einem Wirkungsgrad von über 50 %, wie es im Jahr 2030 zu erwarten sei, verwendet wird, da „nur der Vergleich der bestmöglichen Technologien zum jeweiligen Zeitpunkt hier gerecht fertigt [ist] und nicht der [...] Vergleich von Zukunftstechnologien mit den Technologien in Bestandsanlagen heute“. Die Annahme einer solchen Referenztechnologie macht allerdings keine Aussage über die Vermeidungskosten in dem wichtigen Zeitraum bis 2030 – immerhin die nächsten fast zwanzig Jahre – in dem CO<sub>2</sub>-Vermeidung bei fossilen Energieträgern vermutlich deutlich teurer sein wird [24]. Außerdem erweckt diese Wahl der Referenz den Eindruck, dass Steinkohlekraftwerke 2030 im

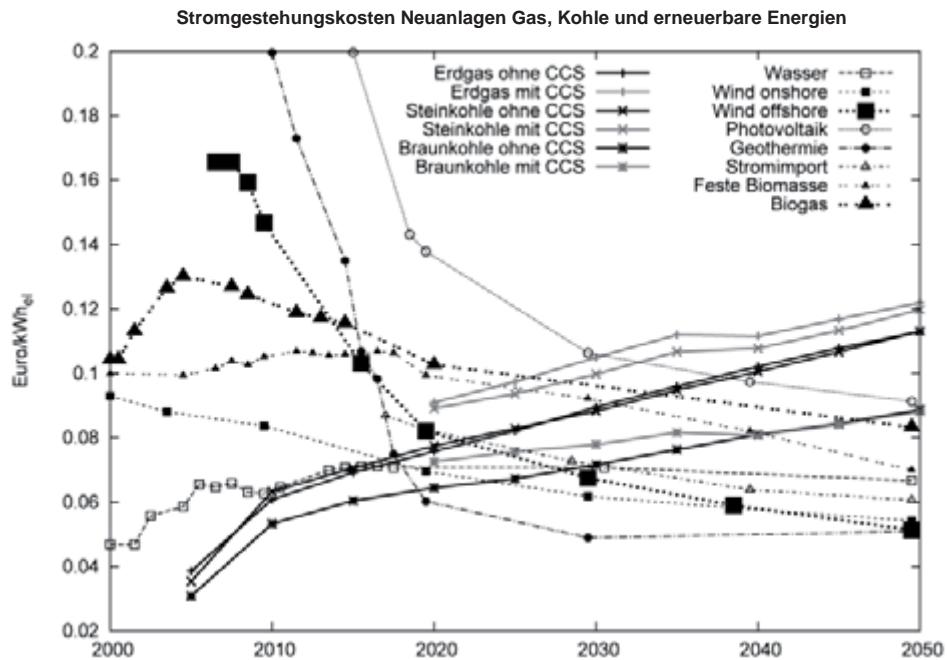


Abb. 4: Stromgestehungskosten für Neuanlagen bei Energiegewinnung aus Erdgas, Stein- und Braunkohle sowie erneuerbaren Energien nach [21, Abb. 9-10, 9-12]; Preise in Euro-Werten von 2005 bei einem Zinssatz von 6 %/Jahr und einer Abschreibungszeit von 25 Jahren. Die Kurven für die fossilen Energieträger sind die arithmetischen Mittelwerte aus jeweils zwei Modellkurven für ein Szenario mit deutlichem Anstieg der Rohstoffpreise und geringem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Zuschläge bzw. geringem Anstieg der Rohstoffpreise und deutlichem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Zuschläge. Diese Berechnung geht von der optimistischen Annahme aus, dass CCS bereits 2020 einsatzfähig ist; bei einer späteren Einführung der CCS wären regenerative Energien bereits bei Beginn dieser Maßnahme durchgehend preisgünstiger [21].

Durchschnitt bereits über 50 % Wirkungsgrad erreicht haben. Das wird aber wohl nicht der Fall sein, da z.B. Kraftwerke, die jetzt gebaut werden und noch Wirkungsgrade von bestenfalls ca. 45 % haben, 2030 noch längst nicht das Ende ihrer geplanten Lebensdauer erreicht haben werden; auch gegenwärtig liegt der durchschnittliche Wirkungsgrad von deutschen Steinkohlekraftwerken bei 38 %, d.h. 7–8 % unter dem derzeitigen Optimum für modernste Anlagen [42]. Leider kann ich den Angaben von Heithoff nicht entnehmen, ob auch für die anderen in die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskostenrechnung einbezogenen Technologien, insbesondere für die Photovoltaik, der angenommene technische Stand von 2030 zugrunde gelegt worden ist; der Vergleich mit anderen Studien [43,44] legt allerdings nahe, dass zumindest bei der Photovoltaik die gegenwärtigen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten angenommen wurden, d.h. hier hat man zukünftige Verbesserungen außer Acht gelassen, obwohl Effekte wie sich ausweitende Massenproduktion und technische Neuerungen wie z.B. organische Photovoltaik erhebliche Kostenreduktionen erwarten lassen. Der technolo-

logische Fortschritt lässt bis 2030 eine Abnahme der Stromgestehungskosten bei verschiedenen solaren Technologien auf etwa die Hälfte bis ein Drittel der heutigen Kosten erwarten [45, z.B. Abb. 2]; die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der Photovoltaik könnten bis 2030 deutlich unter die der Referenztechnologie fallen [44, Fig. 24]. Auch für andere regenerative Energien wie Geothermie oder Windkraft wird eine ähnlich deutliche Abnahme der Stromgestehungskosten erwartet [21] (Abb. 4). Unklar bleibt in Heithoffs Berechnung der Vermeidungskosten auch, warum als maximale akzeptable CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten 70 Euro/t CO<sub>2</sub> angenommen wurden, welchen Einfluss verschiedene Werte für die zu zahlenden Emissionsgebühren bei fossilen Energieträgern auf die Resultate haben, und warum Stromimporte aus photovoltaischer Stromerzeugung im Mittelmeerraum oder Wasserkraft z.B. in Norwegen nicht berücksichtigt wurden; so wären Solarstromimporte aus Spanien z.B. noch unterhalb der von ihm festgelegten Obergrenze für vertretbare CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten [24]. Es irritiert auch, dass in dem Szenario für 2030+, dass sich ja auf

Deutschland beschränkt, eine Rubrik „Neubau Kernenergie“ erscheint; offenbar spekuliert man bei RWE darauf, den Ausstieg aus der Kernkraft nicht nur hinauszögern, sondern ganz rückgängig machen zu können.

## Schlussbemerkung

Die Geowissenschaften haben in der Tat auch in Zukunft einen wichtigen Beitrag zur sicheren Energieversorgung zu leisten. Allerdings wird dieser Beitrag mittel- und langfristig anders aussehen müssen als in einem Szenario wie dem von Heithoff entworfenen, das weitgehend am Status quo festhält. Die Suche nach und Nutzung von fossilen Energieträgern wird immer teurer, komplizierter und ökologisch problematischer, so dass die geophysikalischen Aktivitäten im Bereich Lagerstättenprospektion in absehbarer Zeit erheblich an Umfang und Bedeutung als Arbeitsmarkt verlieren sollten. Die Explorationsgeophysik, die in den letzten hundert Jahren von der Suche nach Öl wohl stärker als von jeder anderen Anwendung geprägt wurde, steht daher vor einem Umbruch. Wichtiger werden dürften in naher Zukunft z.B. die Suche nach geeigneten CCS-Lagern oder Endlagern für Atommüll oder die geothermische Exploration, wenn auch vermutlich nicht in dem Ausmaß, dass sie den Niedergang der konventionellen Explorationsgeophysik vollständig kompensieren. Es wäre gut, wenn die großen Energieversorgungsunternehmen die gegenwärtigen und anstehenden Probleme in der Energiegewinnung endlich ehrlich eingestünden und sich den sich verändernden Bedingungen zügig anpassten anstatt aus kurzsichtigem Profitdenken ihre bestehenden Strukturen mit Zähnen und Klauen zu verteidigen bis es nicht mehr geht. Damit würden sie nicht nur sich selber einen Gefallen tun, sondern auch der Gesellschaft, die die Grundlage ihrer Existenz bildet aber auch von ihnen abhängt und letztlich die Konsequenzen ihres Handelns trägt, viele Probleme ersparen.

## Literatur und Quellen

- [1] „Copenhagen Accord“ vom 18. Dezember 2009: Decision -/CP.15, advance unedited version, heruntergeladen am 25.02.2011 von <http://www.cop15.dk>
- [2] United Nations Framework Convention on Climate Change: Verhandlungstext FCCC/AWGLCA/2009/INF.2 vom 15. September 2009, heruntergeladen am 25.02.2011 von <http://unfccc.int/resource/docs/2009/awglca7/eng/inf02.pdf>
- [3] Lynas, M.: How do I know China wrecked the Copenhagen deal? I was in the room. *The Guardian* vom 22. Dezember 2009, <http://www.guardian.co.uk/environment/2009/dec/22/copenhagen-climate-change-mark-lynas>
- [4] Carrington, D.: WikiLeaks cables reveal how US manipulated climate accord. *The Guardian* vom 3. Dezember 2010, <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/dec/03/wikileaks-us-manipulated-climate-accord>
- [5] Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor und H.L. Miller (Hrsg.) (2007): Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 996 S., [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm)
- [6] Hansen, J., Mki. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M. Raymo, D.L. Royer und J.C. Zachos (2008): Target atmospheric CO<sub>2</sub>: Where should humanity aim? *Open Atmos. Sci. J.*, 2, 217–231, doi:10.2174/1874282300802010217, [http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2008/Hansen\\_etal.html](http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2008/Hansen_etal.html)

- [7] Maugeri, L. (2009): The Crude Truth About Oil Reserves. *The Wall Street Journal*, 4. November 2009, <http://online.wsj.com/article/SB10001424052748704107204574470700973579402.html>
- [8] Bremer, K. (2008): Mexico's Cantarell oil output slides further. Reuters, 26. Februar 2008, <http://uk.reuters.com/article/2008/02/26/mexico-oil-idUKN2638112220080226>
- [9] Cooper, P. J. (2005): Kuwait's biggest field starts to run out of oil. AMEinfo, 12. November 2005, <http://www.ameinfo.com/71519.html>
- [10] Meng, Q. Y. und R. W. Bentley (2008): Global oil peaking: Responding to the case for 'abundant supplies of oil'. *Energy* 33(8), 1179–1184, doi:10.1016/j.energy.2008.04.001
- [11] U.S. Energy Information Administration: Annual U.S. Field Production of Crude Oil, abgerufen am 27. Februar 2011 von <http://www.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=mcrfpus1&f=a>
- [12] Bentley, R. W. (2002): Global oil & gas depletion: an overview. *Energy Policy* 30(3), 189–205, doi:10.1016/S0301-4215(01)00144-6, <http://www.watercrisis.org/Bentley/depletionOverview.pdf>
- [13] Nur, A. (2007): Oil future and war now: A grim Earth-sciences point of view. Stanford University, [http://water.stanford.edu/nur/oil\\_and\\_war.pdf](http://water.stanford.edu/nur/oil_and_war.pdf)
- [14] C. J. Campbell (2009): The General Depletion Picture. The Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO), Newsletter No.100, April 2009, <http://aspireland.org/newsletter/>
- [15] Pembina Institute, „Alberta's Oilsands“, <http://www.pembina.org/oil-sands/os101/alberta>, abgerufen am 27. Februar 2011.
- [16] Griffiths, M., A. Taylor und D. Woynillowicz (2006): Troubled Waters, Troubling Trends: Technology and Policy Options to Reduce Water Use in Oil and Oilsands Development in Alberta. Drayton Valley, AB: The Pembina Institute, <http://www.pembina.org/pub/612>
- [17] Energy Watch Group (2007): Coal: Resources and Future Production. EWG Paper 1/07, [http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Report\\_Coal\\_10-07-2007ms.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Report_Coal_10-07-2007ms.pdf)
- [18] Mohr, S. H., G. M. Evans (2009): Forecasting coal production until 2100. *Fuel* 88(11), 2059–2067, doi:10.1016/j.fuel.2009.01.032
- [19] U.S. Energy Information Administration: Annual Energy Review 2009, <http://www.eia.doe.gov/totalenergy/data/annual/>
- [20] Nitsch, J., T. Pregger, Y. Scholz, T. Naegler, M. Sterner, N. Gerhardt, A. von Oehsen, C. Pape, Y.-M. Saint-Drenan und B. Wenzel (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global –“Leitstudie 2010“. Bundesministerium für Umwelt, FKZ 03MAP146, [http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/47034.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/47034.php)
- [21] Esken, A., S. Höller, H.-J. Luhmann, K. Pietzner, D. Vallentin, P. Viebahn, L. Dietrich und J. Nitsch (2010): RECCS plus – Regenerative Energien (RE) im Vergleich mit CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Ablagerung (CCS). Update und Erweiterung der RECCS-Studie 0329967/07000285. Wuppertal-Institut, [http://www.wupperinst.org/de/projekte/proj/index.html?beitrag\\_id=1419&projekt\\_id=286&bid=42&searchart=](http://www.wupperinst.org/de/projekte/proj/index.html?beitrag_id=1419&projekt_id=286&bid=42&searchart=)
- [22] International Energy Agency (2008): Carbon Capture and Storage – Meeting the Challenge of Climate Change, in: Five CCS Summary Reports, [http://www.ieaghg.org/docs/general\\_publications/GHGT9%20Reports%20CD.pdf](http://www.ieaghg.org/docs/general_publications/GHGT9%20Reports%20CD.pdf)

- [23] IPCC – Metz, B., O. Davidson, H. de Coninck, M. Loos und L. Meyer (Hrsg.) (2005): Carbon Dioxide Capture and Storage. Cambridge University Press, [http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srcs/srcs\\_wholereport.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srcs/srcs_wholereport.pdf)
- [24] Fritsche, U. R., L. Rausch, K. Schmidt (2007): Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung. Öko-Institut e.V. Darmstadt, 2007-008-de, <http://www.oeko.de/publikationen/forschungsberichte/studien/dok/657.php?id=&dokid=318&anzeige=det&ITitel1=&IAutor1=&ISchlagw1=&sortieren=&dokid=318>
- [25] Ewers, H.-J. und Rennings, K. (1992): Abschätzung der Schäden durch einen sogenannten „Super-GAU“. In: Prognos-Schriftenreihe „Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung“, PROGNOS AG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, abgerufen am 9. März von <http://www.zukunftslobby.de/Tacheles/prognstu.html>
- [26] Paulitz, H. (2008): Unzureichende Deckungsvorsorge für das Atomkraftwerk Biblis B. Anlage C der Klagebegründung zur Stilllegung des Atomkraftwerkblocks Biblis B in dem Verwaltungsstreitverfahren vor dem Hessischen Verwaltungsgerichtshof Lauerwald u.a. / Land Hessen, beigeladen: RWE Power AG – 6 C 164/08.T –. Deutsche Sektion der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges (IPPNW), [http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Anlage\\_C\\_-UnzureichendeDeckungsvorsorge.pdf](http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Anlage_C_-UnzureichendeDeckungsvorsorge.pdf)
- [27] Energy Watch Group (2006): Uranium Resources and Nuclear Energy. EWG Paper 1/06, [http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Report\\_Uranium\\_3-12-2006ms.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Report_Uranium_3-12-2006ms.pdf)
- [28] NEA/OECD (2010): Uranium 2009: Resources, Production and Demand – A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. OECD, Paris; Pressemitteilung unter <http://www.oecd-nea.org/press/2010/2010-03.html>
- [29] Rudnick, R. L. und S. Gao (2003): Composition of the continental crust. In: Rudnick, R. L. (Hrsg.) *The Crust*, volume 3 of *Treatise on Geochemistry*, pages 1–64. Elsevier.
- [30] Meyer, B., S. Küchler (2010): Staatliche Förderungen der Atomenergie im Zeitraum 1950–2010. FÖS-Studie im Auftrag von Greenpeace, [http://www.foes.de/pdf/2010\\_FOES\\_Foerderungen\\_Atomenergie\\_1950-2010.pdf](http://www.foes.de/pdf/2010_FOES_Foerderungen_Atomenergie_1950-2010.pdf)
- [31] „Endlager Gorleben aus Expertensicht nur zweite Wahl“, ddp-Interview mit Gerd Lüttig vom 7. August 2009, abgerufen am 28. Februar 2011 von <http://www.verivox.de/nachrichten/interview-endlager-gorleben-aus-expertensicht-nur-zweite-wahl-43384.aspx>
- [32] Interview mit Gerd Lüttig zum Thema Gorleben, Frontal21 vom 13. April 2010, ZDFmediathek, <http://www.zdf.de/ZDFmediathek/beitrag/video/1018284/Gerd-Luettig-Eine-Fuelle-von-Luegen>
- [33] Bauchmüller, M. und W. Roth (2009): Kohls Minister schönten Gutachten zu Gorleben, Süddeutsche Zeitung vom 9. September 2009
- [34] Greenpeace Deutschland: Atommüllmenge würde sich verdreifachen, [http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/presseerklärungen/artikel/greenpeace\\_atommuellmenge\\_wuerde\\_sich\\_verdreifachen/](http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/presseerklärungen/artikel/greenpeace_atommuellmenge_wuerde_sich_verdreifachen/), abgerufen am 9. März 2011
- [35] „Wir haben sagenhaftes Glück gehabt“, *Der Spiegel*, Nr.50/1988, S.87–95, <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-13531238.html>

- [36] EUROSOLAR-Info „Die Kosten der Atomenergie“, Stand April 2006, [http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/Infoblatt\\_Kosten\\_Atomenergie06\\_de.pdf](http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/Infoblatt_Kosten_Atomenergie06_de.pdf)
- [37] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Zusammenfassung der GRS-Studie zum Schutz der deutschen Kernkraftwerke vor dem Hintergrund der terroristischen Anschläge in den USA vom 11. September 2001, [http://www.bund.net/fileadmin/bund-net/pdfs/atomkraft/20021127\\_atomkraft\\_grs\\_gutachten\\_zusammenfassung.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bund-net/pdfs/atomkraft/20021127_atomkraft_grs_gutachten_zusammenfassung.pdf)
- [38] Sachverständigenrat für Umweltfragen (2010): Laufzeitverlängerung gefährdet Erfolg der erneuerbaren Energien. Kommentar zur Umweltpolitik Nr. 8, September 2010, [http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/AktuellePressemitteilungen/2010/2010\\_10\\_Laufzeitverlaengerung\\_gefaehrdet\\_Erfolg\\_erneuerbare\\_Energien.html](http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/AktuellePressemitteilungen/2010/2010_10_Laufzeitverlaengerung_gefaehrdet_Erfolg_erneuerbare_Energien.html)
- [39] Schlandt, J. (2011): Unbequeme Öko-Potenziale. *Frankfurter Rundschau* vom 27. Februar 2011, <http://www.fr-online.de/wirtschaft/unbequeme-oeko-potenziale/-/1472780/7414266/-/view/index.html>
- [40] Meyer, B., S. Küchler, O. Hölzinger (2010): Staatliche Förderungen der Stein- und Braunkohle im Zeitraum 1950–2008. FÖS-Studie im Auftrag von Greenpeace, [http://www.foes.de/pdf/Kohlesubventionen\\_1950\\_2008.pdf](http://www.foes.de/pdf/Kohlesubventionen_1950_2008.pdf)
- [41] Rohde, C. (2008): Atomstrom: Milliarden-Kosten für Steuerzahler. Frontal21 vom 16. September 2008, <http://frontal21.zdf.de/ZDFde/inhalt/3/0,1872,7378371,00.html>
- [42] Angaben vom Gesamtverband Steinkohle (GVSt), [http://www.gvst.de/site/steinkohle/entwicklungslinien\\_kraftwerkstechnik.htm](http://www.gvst.de/site/steinkohle/entwicklungslinien_kraftwerkstechnik.htm), abgerufen am 9. März 2011
- [43] Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) (2009): Die ökonomischen Wirkungen der Förderung Erneuerbarer Energien: Erfahrungen aus Deutschland (Endbericht), [http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/PB\\_Erneuerbare-Energien.pdf](http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-projektberichte/PB_Erneuerbare-Energien.pdf)
- [44] Fawer, M. (2007): Solar Energy 2007 – The industry continues to boom. Bank Sarasin & Cie. AG, [http://www.sarasin.ch/internet/iech/en/solarenergie\\_2007.pdf](http://www.sarasin.ch/internet/iech/en/solarenergie_2007.pdf)
- [45] Kost, C. und T. Schlegl (2010): Studie Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), <http://www.ise.fraunhofer.de/veroeffentlichungen/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien>

## **Stellungnahme zum Kommentar von Thomas Ruedas**

### **Johannes Heithoff, RWE Power Aktiengesellschaft, Forschung und Entwicklung, Essen**

Mit Bezug auf die von Herrn Thomas Ruedas gezogenen Schlussfolgerungen in seinem Kommentar könnte ich natürlich an dieser Stelle nur so pauschal antworten, wie er pauschal die Unternehmenspolitik der Energieversorgungsunternehmen kritisiert. Hierauf möchte ich aber verzichten.

Jeder arbeitet in seinem ihm vertrauten Umfeld mit den auch extern vorgegebenen Rahmen- und Randbedingungen. Selbstverständlich hat hier die Politik das Pramat, hat aber die Unternehmen seit der Liberalisierung der Energiemärkte 1998 in der EU auch zu den Handlungen gezwungen, die ein Überleben im Wettbewerbsmarkt garantieren müssen im Sinne der Eigentümer, die nicht immer nur private Inverstoren sind, im Sinne des Erhalts und der Schaffung von Arbeitsplätzen und im Sinne der Erschließung der Finanzierungsmittel für Investitionen am Kapitalmarkt.

Die Unternehmen müssen sich daher immer dem Umfeld anpassen. Sie verteidigen aber hier nichts mit Zähnen und Klauen (ein von Herrn Ruedas genutztes Bild aus der Raubtierwelt), sondern sind weitaus flexibler als von den Medien der Öffentlichkeit vermittelt. Allerdings sind die Mitarbeiter der inkriminierten Unternehmen meistens auch mit ihrer Expertise diejenigen, die die technisch- wirtschaftlichen Zusammenhänge im Energiegeschäft auch sehr gut verstehen bei der klaren Abarbeitung von Visionen, Strategien und Projekten zu deren Umsetzung unter Berücksichtigung der realistischen Durchsetzbarkeit.

# Energie und ökonomisches Wachstum

W. Jacoby<sup>1</sup> & O. Schwarz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität Mainz; jacoby@uni-mainz.de

<sup>2</sup> Didaktik der Physik, Universität Siegen, schwarz@physik\_uni-siegen.de

*Aus der online NZZ am Sonntag, 13. September 2009, kopiert:*

«STIMMT ES, DASS ES SCHON BALD KEIN HEIZÖL MEHR GIBT?» STIMMT NICHT! Allein die heute bekannten Erdölreserven decken, sogar bei zunehmendem Weltenergiebedarf, die Nachfrage während Jahrzehnten. Die Fortschritte in der Fördertechnologie und die Entdeckung neuer Felder stellen sicher, dass noch für Generationen genug Erdöl und somit auch Heizöl zur Verfügung steht. Für Informationen über die moderne Ölheizung: Gratistelefon 0800 84 80 84 oder [www.heizoel.ch](http://www.heizoel.ch)

*Der renommierte Berner Klimaforscher Thomas Stocker kritisiert die Schweizer Wirtschaft. Sie verpasste eine einmalige Chance, die Führerschaft in Zukunftstechnologien zu übernehmen*

## Zusammenfassung

Wirtschaft, Wirtschaftswissenschaften und Politik scheinen daran zu glauben, dass um die 3 % jährliches Wachstum für eine gesunde Ökonomie notwendig ist. Sie denken nicht daran, dass das exponentielle Wachstum ist – mit einer Verdoppelungszeit von knapp 24 Jahren; sie scheinen sich nicht zu fragen, wie lange das geht. Wir wollen hier mit stark vereinfachenden Annahmen und den besten Geo-Daten auf physikalisch-mathematischer Grundlage ausrechnen, wie lange Energieversorgung um jährlich 3 % noch wachsen kann; dabei gehen wir vom heutigen Verbrauch aus:  $E_o \approx 5 \times 10^{20} \text{ J/a} \approx 1,6 \times 10^{13} \text{ W}$  und kommen zu folgenden Ergebnissen: (1) Die nicht erneuerbaren Vorräte (Kohle, Öl, Gas, Uran; nachgewiesen und geschätzt, aber noch nicht abbaubar) würden in ~ 122 Jahren verbraucht sein (bei Nullwachstum in ~ 1200 Jahren), wenn es möglich wäre, sie bis zum Schluss ständig zunehmend abzubauen; in der Realität würde aber die Abbaurate schon früher abnehmen und abklingen, bis die Energiebilanz (Energiegewinn minus Aufwand) null wird. (2) Erneuerbare Energien (Erdwärme, Sonnenenergie) können nur mit begrenzten „Wirkungsgraden“ (< 1 %) in „nützliche“ Energie umgewandelt werden; dabei spielt die Erdwärme eine insignifikante Rolle, und Nutzung der Sonnenenergie wäre nur

noch  $145 \pm 40$  Jahre steigerbar. (3) Abwärme von Kernfusion oder anderen hypothetischen Quellen kann in ~ 200 Jahren zusätzlich +2 K Klimaerwärmung bewirken und an Grenzen der Verträglichkeit führen, da nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik alle von uns genutzte Energie als Abwärme endet, soweit sie nicht in den Weltraum abgestrahlt wird. Das sind nur Größenordnungen, aber sie sagen aus, dass das angenommene Wachstum in wenigen Generationen an absolute Grenzen stoßen wird. Das ist nicht Schwarzseherei aus Angst oder zur Angstmache, sondern fordert Vorsicht aufgrund geologisch-physikalischer Berechnungen.

Geophysiker haben die Verantwortung, Öffentlichkeit, Politik und Wirtschaft zu informieren und zu notwendigen Reformen anzuregen. Energieversorgung und Klimawandel gehören in den Zusammenhang mit Bevölkerungswachstum, Verteilungsgerechtigkeit und Humanität. Vorrangige Entwicklung der Sonnenenergie könnte unter der Voraussetzung global respektierter Verträge eine Lösung sein, doch müssen regionale Klimaeffekte abgeschätzt werden, und politisch-ökonomisch ist das eine gewaltige Herausforderung an die gesamte Menschheit. Ziel ist es, von einer wachstumsorientierten zu einer gleichgewichtsorientierten und ökologischen Wirtschaft und Lebensweise zu kommen,

welche „qualitatives“ Wachstum (z.B. Effizienz, Bildung) fördert. Die Aufgabe muss jetzt in Angriff genommen werden. Geophysiker sollten initiativ werden und viel mehr als bisher die Öffentlichkeit aufklären. Angesichts der geringen Wahrnehmung der Geowissenschaften eine große Herausforderung nicht nur für die DGG!

## 1 Einleitung

Wachstum ist begrenzt. Man kann berechnen, wann es enden wird, wenn man weiß, wie groß die Energievorräte und Energieströme sind und wie viel Abwärme die Erde verträgt. Da Annahmen zu machen sind, kann es sich nur um Schätzungen handeln, die ein Gefühl für die Zeitperspektiven vermitteln. Es geht aber nicht um Spekulationen, sondern um geologische Daten, Mathematik und Physik, über die nicht verhandelt werden kann, um den ersten und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und um die Exponentialfunktion. Ziel ist es, zu verantwortlichem Handeln anzuregen, das Wachstum sowie sein Ende zu steuern, statt es den Kräften der Natur zu überlassen.

Öffentlichkeit, Wirtschaft, Wirtschaftswissenschaften und Politik scheinen mit wenigen Ausnahmen in der Illusion immerwährenden Wachstums zu leben. Wirtschaftswachstum ist in der heutigen Zivilisation geradezu ein Dogma. Etwa 3 % jährliches Wachstum gilt als Voraussetzung für eine gesunde Wirtschaft und die Beschränkung der Arbeitslosigkeit (z.B. BARONE, 2010). Prozentuales Wachstum ist exponentielles Wachstum (oder geometrische Progression), und was der *Club of Rome* mit dem Gleichnis der sich jährlich verdoppelnden Wasserrosen sagte, gilt heute mehr denn je: ein Jahr vor dem Zuwachsen des Sees ist er noch halb frei, als ob noch viel Zeit sei. Die Verdoppelungsrate bei 3 % jährlichem Wachstum ist 23,5 Jahre – nur etwa eine Generation. Und viele von uns sitzen hier und schlafen! Wie lange können wir uns das leisten? Was muss passieren, uns aufzuwecken und festzustellen, dass wir selbst höchst persönlich betroffen sind?

Wenn man z.B. in der Fachliteratur sucht, findet man in der Tat, dass „alles“ über Energie und Wachstum schon gesagt worden ist, aber

es ist weitgehend untergegangen. Es muss deshalb immer wieder gesagt werden. Wir behandeln zunächst die Exponentialfunktion, dann die geologisch-geophysikalischen Daten und die Rechenergebnisse, bevor wir ihre Bedeutung und die Konsequenzen diskutieren. Nicht Angst oder Angstmache leiten uns, sondern nüchterne Voraussicht, Vorsicht. Überlegungen zu den Auswegen aus der zu erwartenden Wachstumskrise sollen den Beitrag abschließen.

## 2 Exponentielles Wachstum und Reichweiten

Die Exponentialfunktion  $e^t$  ( $t$  = Zeit) hat die unangenehme Eigenschaft, lange Zeit ganz harmlos nahe null zu bleiben, dann aber rasant zu wachsen, schneller als alles Andere. Die Rate  $E = E(t) \approx E_n$  bzw. der Grenzwert von  $E$  ist

$$E_n = E_0 P^{t_n}, \quad (1)$$

$p$  = prozentuale Wachstumsrate pro Jahr (hier mit meist 3 %),  $P = 1+0,01p$  = Wachstumsfaktor,  $t = t^*/a$  ( $a = 3,16 \cdot 10^7$ ) = dimensionslose Zeit in Jahren,  $t^*$  = dimensionierte Zeit in s. Zunächst betrachten wir also exponentielles jährliches Wachstum von Verbrauchsrationen ab dem gegenwärtigen Wert  $E_0 \approx 5 \times 10^{20}$  J/a  $\approx 1,6 \times 10^{13}$  W. Nach  $n$  Jahren ( $t_n$ ) erreicht  $E_n$  z.B. den „erneuerbaren“ Energiefluss  $F$  (Erdwärme, Sonnenenergie, J/a); hier ist  $E_n \leq F$ , oder auch die Tolerierbarkeit der Abwärme. Mit dem Logarithmus von Gl. (1) erhält man die „dynamische Reichweite“:

$$t_n = \log(E_n/E_0)/\log P \quad (2)$$

Diese weicht von der üblichen Bedeutung ab und ist die Zeit, bis der natürliche Energiefluss zu 100 % abgeschöpft wird (nicht etwa versiegt). Ist die aktuelle Verbrauchsrate kleiner, folgt eine unendliche „lineare Reichweite“ (üblicher Definition); „dynamische Reichweiten“ sind bei exponentiell wachsenden Verbrauchsrationen jedoch immer endlich, egal wie gering die jährliche Zuwachsrate ist.

Bei *endlichem Vorrat* rechnen wir statt mit der Verbrauchsrate mit dem Verbrauch oder Integral  $W = W(t) \int^t E(\tau) d\tau$  [J].  $W_u = W_u(t)$  ist zur Zeit  $t$  bereits verbraucht. Hier hat „Reichweite“ die

Figure 10. World Marketed Energy Consumption, 1980-2030



Sources: History: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2006 (June-December 2008), web site [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). Projections: EIA, World Energy Projections Plus (2009).

Abb. 1: Globaler Markt des Energieverbrauchs 1980-2030 – Geschichte – Projektion. Einheit 1012 Btu (britische thermische Einheit). Quellen: Geschichte: Energie-Informations-Verwaltung (EIA), Internationaler Energie-Jahresbericht 2006 (Juni-Dezember 2008), Web-Adresse [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). Projektionen: EIA, Globale Energie-Projektionen Plus (2009) Nach [http://www.learner.org/courses/envsci/visual/visual.php?shortname=energy\\_consumption](http://www.learner.org/courses/envsci/visual/visual.php?shortname=energy_consumption)

übliche Bedeutung der Zeit in Jahren, welche ein Vorrat reicht, wenn man ihn mit einer bestimmten jährlichen Rate verbraucht. Bei endlichen Vorräten sind Reichweiten immer endlich.

$$W_u(t) = \int_0^t E(\tau) d\tau = E_0(P^t - 1)/\ln P$$

$$\text{und } W_u(t_n) = E_0(P^{t_n} - 1)/\ln P \quad (3)$$

Mit dem Logarithmus von (3)

$$t_n = \log(\ln P \cdot W/E_0 + 1)/\log P, \quad (4)$$

$E_0$  hat hier die Einheit J (als jährliche Menge). Der restliche Vorrat ist  $W = W_0 - W_u$ , wobei  $W_u(t) < W$ ;  $t_n$  ist die Zeit in Jahren ab  $t_0$  bis zur Erschöpfung des Vorrats  $W(t_n) = 0$ .

Zunächst werden „dynamische Reichweiten“ nach (4) für die bekannten und geschätzten Vorräte berechnet. Sie wären nach exponentiel-

lem Wachstum dann abrupt verbraucht. Auch die linearen Reichweiten sind endlich. Abrupte Erschöpfung der Vorräte ist aber nicht realistisch, denn der Abbau bzw. die Ausnutzung würde wegen zunehmenden Aufwandes lange vor dem Ende langsamer wachsen, stagnieren und abnehmen.

Für die erneuerbaren Energien werden „Reichweiten“ bis zu 100 % Nutzung nach Gl. (2) berechnet. Auch diese Annahme ist nicht realistisch, vor allem wegen der immer beschränkten Effizienz oder Wirkungsgrade. Nur ein kleiner Teil der Energieflüsse kann in technisch nutzbare Energie umgeleitet werden, wie viel, wird unten grob abgeschätzt.

Der globale Energieverbrauch hat in den vergangenen Jahrzehnten um 2 bis 3 % jährlich zugenommen (Abb. 1). Gegenwärtig versucht man, den Energieverbrauch zu senken, jedoch werden in der Regel nur partielle Senkungen, z.B. im Stromverbrauch genannt, wie überhaupt selten genaue objektive Zahlen genannt werden. Deutlich wird das auch bei den vielen durcheinander benutzten physikalischen Einheiten W, J/a, kWh/a etc.

Als Bezug für künftiges Wachstum nehmen wir die gegenwärtige (2010) globale jährliche Energie-Verbrauchsrate,  $E_0$ .  $E_0 \approx 5 \times 10^{20} \text{ J/a} \approx 1,6 \times 10^{13} \text{ W}$ . Grenzen sind gegeben durch:

- die Verfügbarkeit von nicht erneuerbaren Vorräten: Kohle, Öl, Gas, Uran und Thorium sowie Erdrotation (s. unten);
- die natürlichen „erneuerbaren“, gut bekannten Energieflüsse,  $F$ : geothermische und solare Energie (direkt durch Photovoltaik und Sonnenkollektoren umgewandelt, indirekt in Form von Wasser-, Wind-, Wellen-, Bioenergie, etc.); der Wirkungsgrad  $\eta$  der Umwandlung in „nützliche“ Energie ist begrenzt, wobei  $\eta \ll 1$ ;
- die Umweltbedingungen können durch beliebig wachsende Fusionsenergie oder „extraterrestrische“ Quellen und ihre Abwärme oder regionale Klimaverschiebungen zusätzlich zum Treibhauseffekt von  $\text{CO}_2$  unerträglich werden.

### 3 Reichweiten: Ergebnisse

#### 3.1 Endliche Vorräte

Zwar wurden im Laufe des 20. Jh. etwa konstante lineare Reichweiten für die meisten Rohstoffe berechnet, denn die „bekannten Vorräte“ nahmen aufgrund intensiver Exploration etwa in dem Maße zu, wie sie abgebaut wurden. Anzunehmen, dass dies auf der endlichen Erde beliebig weitergeht, wäre aber eine Selbsttäuschung. Beim Erdöl ist die Abnahme der Reichweiten bereits etwa erreicht.

Die Vorräte sind natürlich nicht genau bekannt. Was wir „Vorräte“ nennen, setzt sich aus nachgewiesenen und abbaubaren „Reserven“ und noch nicht abbaubaren und nur geschätzten „Ressourcen“ zusammen. Hier berechnen wir „Reichweiten“ für die Summe „aller“ Vorräte, um nicht von vornherein zu kurz zu rechnen. Wir benutzen die Zahlen aus Tabelle 1.1, S. 12 in BGR (2009): Tab. 1 gibt die Zahlen wieder: die Mengen, die Energievorräte und die berechneten Reichweiten für Nullwachstum und für 1 % und 3 % jährliches Wachstum, sowie für 3 % bei hypothetischen zehnfachen Mengen. Die Reichweiten der einzelnen Rohstoffe sind rein fiktiv, nur „Nummern“, weil berechnet, als ob sie den Gesamtenergieverbrauch erhalten müssten (statt nur deren spezifische Verbrauche). Ein Gefühl für die Reichweite gibt die Rechnung mit der Summe aller Vorräte. Ein Energiemix mit erneuerbaren Energien würde zu einer gewissen Verlängerung führen, die jedoch bei exponen-

tiellem Wachstum unbedeutend wäre. Beachte, dass die Reichweite einer Summe verschiedener einzelner Vorräte (Energiemix) kürzer ist als die Summe der Reichweiten der einzelnen Vorräte (z.B. 122 a gegen 239 a oder 260 a gegen 423 a).

Die berechneten Reichweiten sind viel kürzer als die Zeiten, die für sichere Lagerung nuklearer Abfälle diskutiert werden!

Auffinden und Ausbeutung von Lagerstätten wird mit zunehmender Nutzung immer aufwendiger, auch wenn sich die Technik weiter verbessert, und bei Verknappung steigen die Preise. Das ermöglicht zwar weiteren Abbau, jedoch unter höherem Einsatz von Geld und Energie, bis schließlich der Einsatz den Gewinn übersteigt (Effizienz  $< 0$ ). Eine realistischere Rechnung müsste auf einer Modellierung von Wachstum, Stagnation und Abnahme der Förderung aufbauen, was schwieriger und hypothetischer als die obige Annahme ist. Die Auslaufphase dürfte etwa exponentiell abklingen. Aufgrund der Modellierung mit einer Gauß-Funktion stellte M. KING HUBBERT (auf einer Tagung am 7.3.1956, zitiert von BARTLETT, 1976) fest: *“According to the best currently available information, the production of petroleum and natural gas on a world scale will probably pass its climax within the order of half a century ...”*, also heute (KING HUBBERT, 1969; 1971; SMIL, 1998). Mit Bezug auf Äußerungen von führenden Managern und Politikern, die Wachstum wie ein religiöses Dogma und Warnungen als Ketzerei und Angriff auf die westliche Gesellschaft betrachten, hat BARTLETT (1976) angefügt, dass es völlig irrefüh-

Tabelle 1: Vorräte nach BGR (2009)

Vorrat	Menge $\times$ Energiedichte = Energiemenge W	0 %	1 %	3 %	3 % (10 $\times$ Vorrat)
Kohle $16 \times 10^{12} \text{ t}_{\text{SKE}}^1) \times 2,9 \times 10^{10} \text{ J/t}$	$\approx 46 \times 10^{22} \text{ J}$	920	235	113	190
Öl $0,25 \times 10^{12} \text{ t} \times 4 \times 10^{10} \text{ J/t}$	$\approx 1,1 \times 10^{22} \text{ J}$	22	20	17	68
Gas $4,3 \times 10^{11} \text{ m}^3 \times 3,8 \times 10^{10} \text{ J/m}^3$	$\approx 1,6 \times 10^{22} \text{ J}$	32	28	24	76
HC <sup>2)</sup> $3 \times 10^{12} \text{ t}_{\text{oe}}^1 \times 3,8 \times 10^{10} \text{ J/m}^3$	$\approx 12 \times 10^{22} \text{ J}$	240	124	71	145
U <sup>3)</sup> + Th $1 \times 10^7 \text{ t} \times 6 \times 10^{14} \text{ J/t}$	$\approx 0,9 \times 10^{22} \text{ J}$	18	16	14	63
Total	$\approx 60 \times 10^{22} \text{ J}$	1200	260	122	200
Erdrotation <sup>4)</sup>	$\approx 2,2 \times 10^{29} \text{ J}$	440 Ma	1545	625	

1) SKE Anthrazit-Äquivalent; oe = Öl-Äquivalent

2) Unkonventionelle Kohlenwasserstoffe (Ölsand, Ölschiefer, Gashydrat, etc.)

3) bei 30 \$/kg Produktionskosten

4) dabei käme die Erdrotation zum Stillstand, jedoch kann nur ein insignifikanter Anteil mit Gezeitenkraftwerken angezapft werden.

rend ist, mit linearen Reichweiten für Wachstum zu argumentieren („wir haben ja noch so viel Zeit!“).

Noch ein Wort zur Erdrotationsenergie  $W_{rot}$  und ihrer Nutzung mittels Gezeitenkraftwerken auf Kosten der Rotationsrate und mit Erzeugung von Abwärme.  $W_{rot} = \Theta\omega^2/2 \approx 1/6 MR^2\omega^2 \approx 2,2 \times 10^{29} \text{ J}$  (der Faktor  $\sim 1/6$  folgt aus der Verdichtung nach innen statt  $1/5$  bei konstanter Dichte) und  $dW_{rot}/W_{rot} = 2d\omega/\omega$ , wobei  $\Theta$  = Drehimpuls;  $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit  $= 2\pi/T = 7,3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ;  $T = 86\,164 \text{ s}$  = Sternzeit;  $R \approx 6371 \text{ km}$  = Erdradius;  $M \approx 6 \times 10^{24} \text{ kg}$  = Erdmasse. Ein 1GW-Gezeitenkraftwerk ( $dW = 3,16 \times 10^{16} \text{ J/a}$ ) verbraucht  $1,44 \times 10^{-13} W_{rot}/\text{a}$  und verlangsamt die Rotationsrate relativ um  $d\omega/\omega$  um  $\sim 0,7 \times 10^{-13}/\text{a}$ , oder verlängert die Tageslänge in einem Jahr um  $dT \approx 7,2 \times 10^{-13} T \approx 2,3 \times 10^{-6} \text{ s}$  ( $T \approx 3,16 \times 10^7 \text{ s}$ ). Würde der gegenwärtige jährliche Energieverbrauch von  $\sim 5 \cdot 10^{20} \text{ J/a}$  ausschließlich von Gezeitenenergie gespeist (16 000GW-Kraftwerke verbrauchen  $2,3 \times 10^{-9} W_{rot}/\text{a}$  Rotationsenergie), ginge die Winkelgeschwindigkeit relativ um  $d\omega/\omega \approx -1,1 \times 10^{-9}/\text{a}$  zurück und würde die Tageslänge jährlich um  $dT \approx 0,036 \text{ s}$  verlängern. Eine Reduktion der Rotationsenergie um 10 % würde die Tageslänge um  $\sim 5 \%$  oder  $\sim 1,2 \text{ h}$  auf  $\sim 25,2 \text{ h}$  verlängern. Bei konstantem „Abbau“

würde das 44 000 000 Jahre dauern, bei 3 % jährlicher Zunahme nur 478 Jahre!

### 3.2 Energieflüsse – erneuerbare Energien

Der gesamte Wärmefluss durch die Erdoberfläche ist  $F_h \approx 4 \times 10^{13} \text{ W} = 1,27 \cdot 10^{21} \text{ J/a} \approx 2,5 \times E_o$  (SCLATER et al., 1981). Der gesamte die Erdoberfläche erreichende solare Energiefluss ist  $F_s \approx 1,2 \times 10^{17} \text{ W} \approx 3,8 \cdot 10^{24} \text{ J/a} \approx 7600 E_o$  (ROTH, 1999; Abb. 2). Offensichtlich liefern beide Flüsse mehr als heute verbraucht wird, und könnten theoretisch für alle Zeit den Bedarf decken, wenn (1) er so bliebe wie heute und (2) die Flüsse zu 100 % genutzt werden könnten. Wenn der Bedarf aber um 3 % jährlich wächst, würde der terrestrische Wärmefluss nur noch 35 Jahre, die gesamte Sonnenenergie noch 350 Jahre reichen, beide zusammen auch kaum länger, aber nur ein sehr kleiner Teil der Energieflüsse ist technisch nutzbar.

Tatsächlich erlaubt der 2. Hauptsatz der Thermodynamik nur einen Wirkungsgrad  $\eta < 1$ , und die geographische „Sensor-Dichte“, d.h. die relative Flächendichte von Solarzellen und Sonnenkollektoren ist sicher  $\ll 1$ , denn man kann nicht die gesamte Erdoberfläche damit pflastern. Ein Teil der eingestrahlten Sonnenenergie wird sowieso schon immer in nutzbare Energieformen umgesetzt und z.T. gespeichert, jedoch mit sehr geringem Wirkungsgrad. Wir nutzen Sonnenenergie in Form von Wind, Wellen, Meereströmungen, Wasserzyklus und (chemischer) Photosynthese (PATEL, 1999; OECD, 1997; JETZER, 2009; GRAW, 2002; KHAMMAS, 2011).

Die maximalen Wirkungsgrade lassen sich schwer abschätzen, aber wenn wir annehmen, dass höchstens 10 % des Wärmeflusses genutzt werden könnten (wahrscheinlich viel weniger), wäre er heute schon nicht mehr ausreichend (nur 25 % des heutigen Bedarfs). Günstiger steht es bei der Sonnenenergie. Bei den natürlichen Energieumwandlungen in mechanische, thermische, elektrische und chemische Energie herrscht starke Degradation (s.u.). Mit Sonnenkollektoren und Photovoltaik werden Elektrizität und Nutzwärme gewonnen. Wenn die kontinentale Oberfläche (30 %

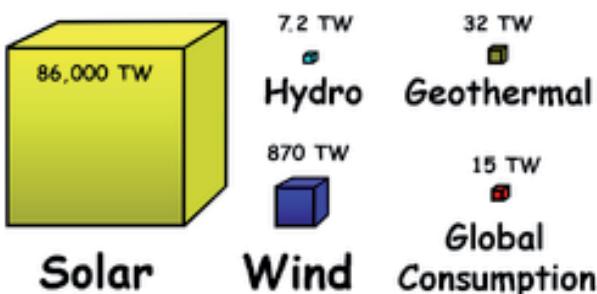


Abb. 2: Verfügbare erneuerbare Energie. Das Volumen der Würfel repräsentiert den Betrag der verfügbaren Energie in TW aus Geothermie, Wasserkraft, Wind und Sonne, aber nur ein jeweils kleiner Anteil ist gewinnbar. Der kleine rote Würfel (unten rechts) stellt den derzeitigen jährlichen globalen Energieverbrauch dar. Quelle: [http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_energy\\_resources\\_and\\_consumption#Sustainability](http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_resources_and_consumption#Sustainability) Die genauen Zahlen sind für das wesentliche Ergebnis irrelevant.

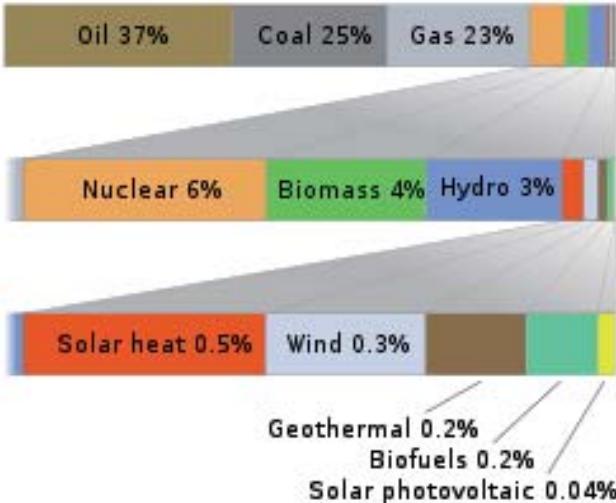


Abb. 3: Globaler jährlicher Energieverbrauch in fortlaufend feinerem Detail. [http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_energy\\_resources\\_and\\_consumption#Sustainability](http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_resources_and_consumption#Sustainability)

der Erdoberfläche) irgendwann einmal zu 1 bis 10 % mit „Sensoren“ bedeckt werden könnte, welche 50 % Wirkungsgrad haben, kommen wir auf einen Gesamtwirkungsgrad von  $\sim 0,5\%$  mit großer Unsicherheit, immerhin noch  $\sim 2 \times 10^{22} \text{ J/a} \approx 6,3 \times 10^{14} \text{ W}$ , das 40-fache des heutigen Verbrauchs,  $E_0 \approx 5 \times 10^{20} \text{ J/a} \approx 1,6 \times 10^{13} \text{ W}$ . Das ist eine sehr optimistische Annahme, zumal auch die Sonnenscheindauer begrenzt ist. Daran ändern Großprojekte wie Desertec (<http://www.desertec.org>) nichts. Dieses gewaltige Potential wird bisher jedoch kaum ausgeschöpft. Bei 3 % jährlichem Wachstum würde  $40 \times E_0$  in 125 Jahren erreicht. Soll das dann ausschließlich mit Sonnenenergie geschehen, muss sie mit hohen Steigerungsraten ausgebaut werden. Falls heute  $E_0 \approx 10^9 \text{ W}$  direkt umgewandelt werden, also  $E_n/E_0 \approx 640\,000$ , folgt aus (2), dass die Nutzung der Sonnenenergie jährlich um gut 11 % gesteigert werden müsste. Mit Desertec und ähnlichen Vorhaben wäre das vielleicht machbar, jedoch stellt uns das vor ungeheure grundsätzliche, praktische und politische Aufgaben: neue Energietransport-Technologien, Abschätzung von Klimaverschiebungen bei Ferntransport großer Energiemengen, Entwicklung eines echt globalen Bewusstseins der Nationen und der Individuen.

Auch die indirekte Sonnenenergie wird noch besser genutzt werden, jedoch bleibt deren Potential vermutlich unter dem der oben skiz-

zierten direkten Nutzung. Die mechanische Leistung des Golfstroms wird auf  $\sim 10^{21 \pm 0,5} \text{ J/a}$  geschätzt und könnte mit Propellern gewonnen werden; Pläne existieren bereits (Hoover, 2011; Wikipedia: Gulf Stream [http://en.wikipedia.org/wiki/Gulf\\_Stream](http://en.wikipedia.org/wiki/Gulf_Stream)); theoretisch wäre damit der heutige Weltbedarf zu befriedigen, aber regionale Störungen des Klimagleichgewichts wie eine Abkühlung Europas sind zu erwarten. Wellenenergie, auf  $\sim 10^{13} \text{ W}$  geschätzt und global zu  $\sim 20\%$  ausbeutbar, stellt nur  $\sim 15\%$  des gegenwärtigen Bedarfs  $E_0$  dar. Wasserkraft wird schon zu  $\sim 1/4$  ihres Potentials genutzt,  $\sim 2,8 \times 10^{12} \text{ W}$ , nur  $\sim 20\%$  von  $E_0$ . Bioenergie ist sehr ineffizient; nur  $\sim 1 \text{ W/m}^2$  wird im Durchschnitt in organischen Verbindungen gespeichert:  $\sim 2 \times 10^{13} \text{ W}$  auf Kontinenten,  $\sim 30\%$  von  $E_0$  und das bei sehr hohem Flächenbedarf und im Konflikt mit der Nahrungsmittelproduktion.

Angesichts der gegenwärtig geringen Nutzung (Abb. 3) sind erhebliche Anstrengungen zur Erschließung erneuerbarer Energien notwendig. Die Sonnenenergie hat bei direkter Umwandlung in Elektrizität und Nutzwärme ein großes Potential für ökonomisches Wachstum, bei jährlich 3 % aber auch nur für gut 100 Jahre, danach könnte sie kein weiteres Wachstum unterhalten. Unsere Enkel oder Urenkel dürften das selbst erleben.

### 3.3 Abwärme

Heute spielt die Abwärme unseres Verbrauchs fossiler Energie noch keine signifikante Rolle außer vielleicht in Megastädten und großen Industriekomplexen (de LAAT 2008). Mit neuen Energiequellen, die bisher im System Erde schlummern wie die Fusionsenergie, oder mit extern angelieferter Energie kann Abwärme ein Umweltproblem werden. Wir versuchen abzuschätzen, in welchen Zeiträumen das bei 3 % jährlichem Wachstum sein würde. Beginnen wir mit einer hypothetischen Demonstration: die Strahlungsleistung der Sonne bei 6000 K Coronatemperatur entspräche  $E_n \approx 10^{30} \text{ W} \approx 3,2 \times 10^{22} \text{ J/a}$  (5 mal die Rotationsenergie pro Sekunde). Bei 3 % jährlichem Wachstum würde das in  $\sim 760$  Jahren eintreten, wenn wir entsprechende Energiequellen hätten!

Betrachten wir einen „realistischeren“ Fall der Aufheizung der Bodenatmosphäre durch Abwärme um  $\Delta T_E = 2$  K zusätzlich zum Treibhauseffekt. Zur Abschätzung müssen wir die Strahlungsbilanz unter Berücksichtigung von Energieeintrag  $\Delta M$  und Veränderung der Abstrahlung in den Weltraum abschätzen. Die Sonne strahlt senkrecht auf die Erdscheibe  $\pi R^2 S$  ( $S = 1366 \text{ W/m}^2 = \text{Solarkonstante}$ ) ein, reduziert um die Albedo  $A \approx 0,3$ . Die Abstrahlung nach Umverteilung geschieht von der ganzen Oberfläche,  $4\pi R^2$ , nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz. Die Bilanz ist  $(1-A) \pi R^2 S + \Delta M = 4\pi R^2 \varepsilon \sigma T_E^4$  (Plancksche Strahlungskonstante  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ; der empirische Faktor  $\varepsilon = 0,55$  berücksichtigt die Strahlungstemperatur  $T_E \approx 288 \text{ K}$ , die Treibhauseffekte und die Erde als nicht-schwarzen Strahler). Umformung führt auf:  $T_E = \{[(1-A) \pi R^2 S + \Delta M]/[4\pi R^2 \varepsilon \sigma]\}^{1/4}$  oder etwa:  $\Delta T_E \approx \Delta M/[4T_E^3(4\pi R^2 \varepsilon \sigma)]$ . Mit  $\Delta T_E = 2 \text{ K}$ ,  $\Delta M \approx 3 \times 10^{15} \text{ W} \approx 10^{23} \text{ J/a}$  folgt  $\Delta M/E_o \approx 200$  und bei 3 % jährlichem Wachstum nach Gl. (2)  $t_n \approx 180$  Jahre. Danach würden  $\Delta M$  und  $\Delta T_E$  immer schneller weiter wachsen. Auch diese Zeitperspektive ist viel kürzer als die Zeiträume, die für sichere Lagerung für „Atommüll“ gefordert werden.

## 4 Diskussion

Die drei hier „durchgerechneten“ Aspekte, Vorräte fossiler Energie, erneuerbare Energien und Abwärme, ergeben bei den Annahmen, insbesondere von 3 % jährlichem Wachstum, Zeitperspektiven, die nur wenige Generationen umfassen. Darauf kann man ganz verschieden reagieren, mit Einwänden, mit konstruktivem Nachdenken über Problemlösungen oder abwartend (z.B. HEITHOFF, 2011). Wir begeben uns auf das Glatteis von Zukunftsvisionen, Wertungen und Empfehlungen in ökonomischen, soziologischen und politischen Fragen.

### 4.1 Einwände

- *Angstmache! Das Ende der Welt ist schon oft prophezeit worden und nie eingetreten. Die Menschheit hat bisher alle Katastrophen überlebt, es ist immer gut gegangen! – (1) Es wird keine Prophezeiung des Weltendes vor-*

getragen, nur berechnet was bei plausiblen Annahmen passieren würde, um zu zeigen, dass es so *nicht* passieren darf und nicht so passieren wird. (2) Früher haben religiöse Fanatiker spektakuläre Zeichen am Himmel in einer unaufgeklärten Welt mystisch gedeutet. Heute dagegen weisen Wissenschaftler aufgrund trockener Daten auf schwer erkennbare Anzeichen von Klimawandel und Umweltschäden hin, und die Welt bleibt unbeeindruckt oder äußert Lippenbekenntnisse. (3) Dass es immer gut gegangen sei, ist die makabre Sicht nur der Überlebenden der historischen Katastrophen.

- *Es gibt keine Grenzen! – Doch, es gibt Grenzen, und vernünftige Beobachter sehen die Grenzen auch ohne Rechnung. Wer Grenzen leugnet, versteht die Lage nicht. Die bisherigen Rechnungen beruhen auf den besten geologischen Daten, unverhandelbaren physikalischen und mathematischen Gesetzen und einigen Annahmen und zeigen, dass wir uns den Grenzen nähern. Ihre Missachtung wird Folgen haben, die wir uns nicht wünschen können.*
- *Die Exponentialfunktion beschreibt die Entwicklung falsch, das Wachstum wird anders verlaufen! – Richtig, die Annahme ist unrealistisch; es wird sicher anders kommen. Die Richtung muss und wird geändert werden, ob wir wollen oder nicht.*
- *Die geforderten Umstellungen werfen enorme Probleme auf. Viele Fragen sind offen (pers. Komm. H.-J. Kümpel, 2010): Kann eine so große wünschbare Veränderung in sozial und demokratisch akzeptabler Weise realisiert werden? Was sind die Folgen für Arbeitslosigkeit und die abhängigen Familien, wenn der Konsum reduziert wird? Kann man die Arbeitsstellen garantieren? Was sind die Folgen für die große Mehrheit der Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern, aber auch für die Benachteiligten in den reichen Ländern, die vom Wohlstand nur träumen können, der angeblich nur durch ökonomisches Wachstum erreicht werden kann? Kann man garantieren, dass kein neuer Radikalismus entsteht? Muss sich die Gesellschaft nicht aus ihrer eigenen*

*Dynamik entwickeln, statt diktatorisch von allwissenden Weltführern gezwungen zu werden? Wer hätte die Macht, die Kenntnisse und die Voraussicht, eine Neue Welt zu schaffen? – Sollen wir warten, bis uns Lösungen in den Schoß fallen? Das wäre Fatalismus. Es ist vielleicht die größte Herausforderung der Menschheitsgeschichte.*

- *Die erstaunliche menschliche Kreativität wird Lösungen finden! – Ja, das ist auch unsere Hoffnung. Aber müssen wir warten, bis alle Menschen die Zeichen der Zeit erkennen?*

Die Liste an aktuellen Problemen geht weiter. Die dabei in den Sinn kommenden Lösungen erscheinen utopisch.

- *Explodierende Finanzmärkte und Spekulationen ignorieren die Bedürfnisse der Menschen. Rendite und Profite sind das Einzige, was zählt. Wenn notwendige Investitionen (z.B. in elektrische Verteilernetze) zu wenig Rendite bringen, werden sie von den Energieversorgern nicht getätigt. Wirtschaft und Finanz sind zu mächtig geworden. – Ja, Finanz und Wirtschaft sind übermächtig geworden, sie müssen kontrolliert und in die „Gewaltenteilung“ mit Exekutive, Legislative, und Jurisdiktion mit einbezogen werden.*
- *Destruktive Konkurrenz auf allen Ebenen und in allen Lebensbereichen schlagen ins Gegenteil dessen um, was moderate Konkurrenz leisten kann. – Ja, diese Einsicht muss wieder gewonnen werden und sich durchsetzen. Märkte sind im Laufe der Geschichte immer kontrolliert worden; internationale Regulierungen sind notwendig im Rahmen einer Art kooperativer neuer UN.*
- *Instabilitäten in auf Höchsttouren laufenden Systemen stellen Gefahren dar, die sich überhaupt nicht einschätzen lassen. Systeme in kritischem Zustand können durch „zufällige Störungen“ wie Finanzkrisen und Naturkatastrophen zum Kippen angestoßen werden. – Zwar kann man vor unvorhersehbaren Ereignissen*

nicht konkret warnen, aber Menschen zu ständigem Wachstum anzutreiben, erhöht solche Risiken. Jedoch können unerwartete Wendungen, z.B. Innovationen oder Erfindungen auch Zukunftsängste ins Positive kippen.

Eines steht fest: Ein fortwährendes Wachstum von etwa 3 % pro Jahr wird schon aus ökonomischen Gründen nicht mehr lange anhalten, dieses sagen die Rechnungen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit aus. Weder ein weitergehender Energiemix z.B. von fossilen, erneuerbaren und neuartigen Energiequellen (Fusion oder extraterrestrisch) noch sonstige ungeahnte Möglichkeiten ändern das – nur eine neue Ökonomie, die mit der verfügbaren Sonnenenergie auskommt und auf möglichst sparsamen Energieeinsatz setzt. Wann es dazu kommt, wissen wir nicht, aber der Druck in dieser Richtung wird zunehmen.

Die massive Entwicklung der Sonnenenergie ist aber nicht nur eine technische Aufgabe, sondern auch eine politische. Die erneuerbaren Energien werden jedoch sicher wichtiger werden, und Öl, Gas, Kohle und Kernenergie werden Anteile verlieren, Öl schon in naher Zukunft. Wie erfolgreich Verpressen von CO<sub>2</sub> und andere Möglichkeiten werden, CO<sub>2</sub> zu binden, und ob Fusionsenergie realisiert werden kann, ist heute noch unklar. Vielleicht schlummern *hier* ungeahnte Neuerungen. Abwärme, die nicht verpresst werden kann, wird bei weiterem Wachstum jedenfalls ein Problem werden können.

## 4.2 Ausblick

Gibt es einen freundlicheren Ausblick? Wo liegt die Hoffnung?

Wachstum kann sich auf Verbesserungen konzentrieren, z.B. Bildung und Ermöglichung sinngebender Tätigkeiten für mehr Menschen, Umweltkompatibilität und Dauerhaftigkeit, Steigerung der Energieeffizienz etc. Ohne genau zu wissen, wie, und ungeachtet dessen, ob wir wollen oder nicht, wird Wachstum mehr qualitativ werden. Investitionen in erneuerbare Energien, effizientere Prozesse, fairere Marktmechanismen, ökologisch verträgliche-

re Lebensweise, mehr Gerechtigkeit werden zunehmen. Ein Vorschlag lautet, die Steuern auf der Basis des Energieverbrauchs festzulegen (GRAHL & KÜMMEL, 2009). Investitionen in dauerhafte Lösungen können steuerlich gefördert werden. Erfolgreiche Bemühungen in den letzten Jahrzehnten um sauberere Luft und Wasser, sparsameren Energieverbrauch und das Verbot der FCKW zeigen, dass es gehen kann.

Die Wachstumsphilosophie wird moderater werden, sonst allerdings wird der Energiebedarf trotz zeitweiliger Unterbrechungen weiter zunehmen (siehe in GMIT, 40, Juni 2010, auf derselben Seite 18: „Energieverbrauch weiter gesunken“ und „Weltbank ruft Energienotstand aus“). Eine Gleichgewichtsökonomie muss und wird sich einstellen, die durchaus dynamisch sein kann, d.h. wünschenswerte Veränderungen fördert und schädliche reduziert.

Große Potentiale für Einsparungen aller Art liegen in unserer heutigen verschwenderischen Lebensweise. Rein materielles Wachstum erhöht nicht einmal das Glück der Wohlhabenden, und materielle Einschränkungen bedeuten nicht notwendigerweise Einschränkungen des individuellen Glücks und Wohlseins, wie sich diejenigen erinnern, welche die Zeit nach 1945 bewusst erlebt haben. Eine Grundhaltung der materiellen Bescheidenheit kann zum neuen positiven Zeitgeist werden. Aggressive Werbung für überflüssigen Konsum kann allgemeiner Verachtung anheimfallen und ins Leere gehen. Die Trinität von Weltbevölkerung, materiellem Lebensstandard und Thermodynamik kann in ein humanes Gleichgewicht gebracht werden. Jedenfalls ist es besser, das Ende der bisherigen Art des Wachstums kontrolliert einzuleiten, als zu spät zu reagieren und alles seinen Gang gehen zu lassen. Dafür ist die Zeit zu kurz.

Die Geophysik trägt im Rahmen der Geowissenschaften eine große Verantwortung, Politiker und Wirtschaftsbosse sowie die Allgemeinheit aufzuklären. Alle haben das schon frühzeitig in der Schule zu lernen!

Eine Utopie?



## Literatur

BARONE, R (2010): Why There's No Case for Healthy Economic Growth. – <http://www.minyanville.com/businessmarkets/articles/overconsumption-economy-consumers-finance-investors-economy/7/23/2010/id/29290>.

BARTLETT, A.A. (1976): The Forgotten fundamentals of the energy crisis. – Proc. Third UMR-MEC Conference on Energy, Univ. Missouri at Rolla, Oct. 12-14, 1976 [ See also: [http://www.albartlett.org/articles/art\\_forgotten\\_fundamentals\\_overview.html](http://www.albartlett.org/articles/art_forgotten_fundamentals_overview.html)].

BGR (2009): Energierohstoffe 2009, Reserven, Ressourcen, Verfügbarkeit. – Bundesanstalt für Geowissenschaften u. Rohstoffe, Hannover [Tabelle 1.1, S. 12].

De LAAT, A.T.J. (2008): Current Climate Impact of Heating From Energy Usage. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 89, 51, 530-531.

GMIT (2010): 40, Juni 2010, 18-19: „Energieverbrauch 2009 weiter gesunken“ (Jahresbericht 2009 der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen) und „Weltbank ruft Energienotstand aus“ (Studie „Gehen die Lichter aus?“, *Financial Times Deutschland*, 6. Apr. 2010).

- GRAHL, J & KÜMMEL, R. (2009): Das Loch im Fass. Energiesklaven, Arbeitsplätze und die Milderung des Wachstumszwangs. – *Wissenschaft & Umwelt Interdisziplinär, 195-212; Wien.*.
- GRAW, K.-U. (2002): Wellenkraftwerke – Energiereservoir Ozean. – *Physik in unserer Zeit, 33, 2, 82-88, Weinheim (Chemie Verlag).*
- HEITHOFF, J. (2011): Sichere Energievorsorge ohne Geowissenschaften nicht möglich. – Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 1/2011: 4-14.
- HOOVER, M. (2011): Gulf Stream Energy Inc., Florida Hydro Co. – <http://savannah.gatech.edu/outreach/workshop/presentations/mhoover.pdf>.
- JETZER, P. (2009): Die Wasserkraft weltweit. – Hamburg (Carlsen Verlag).
- KHAMMAS, A.A.W. (2011): Buch der Synergie. – <http://www.buch-der-synergie.de/index.html>.
- KING HUBBERT, M. (1969): Resources and Man. – *National Academy of Sciences and National Research Council, Chapter 8; San Francisco (Freeman).*
- KING HUBBERT, M. (1971): Energy Resources of the Earth – *Scientific American, Sept. 1971, 60 [Reprinted as a book. Freeman, San Francisco, 1971].*
- OECD (1997): Biomass Energy: Key Issues and Priority Needs. – *Paris..*
- PATEL, M.R. (1999): Wind and Solar Power Systems. – *Boca Raton, Florida (CRC Press).*
- ROTH, E. (1999): Sonnenenergie – Was sie bringt – Was sie kostet. – *München (Friedmann Verlag).*
- SCLATER, J.G., JAUPART, C., GALSON, D. (1981): The heat flow through oceanic and continental crust and the heat loss of the earth. – *Rev. Geophys. Space Phys., 18, 269-311.*
- SMIL, V. (1998): Future of oil: trends and surprises. – *OPEC Rev., 22, 253-276.*
- WIKIPEDIA: World energy consumption. – [http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_energy\\_resources\\_and\\_consumption#Sustainability](http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_resources_and_consumption#Sustainability).
- WIKIPEDIA: Gulf Stream. – [http://en.wikipedia.org/wiki/Gulf\\_Stream](http://en.wikipedia.org/wiki/Gulf_Stream).
- World Energy Council (2007): Survey of Energy Resources 2007 - Coal Reserves. – [http://www.worldenergy.org/publications/survey\\_of\\_energy\\_resources\\_2007/coal/627.asp](http://www.worldenergy.org/publications/survey_of_energy_resources_2007/coal/627.asp).

Ähnliche Ideen wurden vor langer Zeit durch weitsichtige Wissenschaftler geäußert. Thomas Robert Malthus (1766-1834) sah die Folgen exponentiellen Bevölkerungswachstums voraus. A.A. Bartlett (1976) schrieb in seinem vergessenen Aufsatz „Vergessene Grundlage der Energiekrise“: „Es ist vollkommen irreführend, auf Nullwachstum basierende Projektionen vorzustellen, die besagen, dass die Rohstoffe Jahrhunderte reichen, wenn man nicht auch für Nullwachstum plädiert“. Bartlett betonte, dass Studenten die Konzepte von Wachstum und Dauer lernen müssen. Es reicht nicht, Studenten abstrakte Wachstumskonzepte zu lehren; es ist notwendig, konkrete Berechnungen, reale Daten und Zahlen vorzustellen. Das wird die junge Generation hoffentlich dazu bewegen, eine neue Gleichgewichtsökonomie aufzubauen. Die Kommunikation zwischen Wissenschaft, Politik und Wirtschaft muss verbessert werden.

# Pfaff – Kövesligethy – Sponheuer und die Abschätzung der Herdtiefe aus makroseismischen Wahrnehmungen

Horst Neunhöfer, Jena

## Die Makroseismik

Erdbeben gehören seit Menschengedenken zur Erfahrung der Menschheit. Nicht zur täglichen, in vielen Gegenden wohl aber zu den gelegentlichen und in manchen mitunter Katastrophen verursachenden. In antiker Zeit, noch bis zum Ende des scholastischen Mittelalters, sah man in ihnen häufig die Auswirkung mystischer Kräfte. Dann, endlich, begann man zu begreifen, dass Erdbeben natürlichen Ursprungs sind. Man begann schließlich zu kommunizieren, dass man und wie man ein Erdbeben wahrgenommen, gespürt, hat. Mit solchen Wahrnehmungen realer Erdbeben durch den Menschen befasst sich die Makroseismik, ganz gleich ob sie historisch oder aktuell sind. Die so gewonnenen Daten tragen die *subjektive Note* der Beobachtenden.

Eine Zeitenwende beim Nachweis von Erdbeben hin zum physikalisch *Objektiven* wurde am 17.04.1889 eher zufällig eingeläutet, als Ernst v. Rebeur-Paschwitz (1861-1895) erstmalig ein Fernbeben, in seinem speziellen Fall aus Japan, gleichzeitig in Potsdam und Wilhelmshaven aufzeichnete. Es begann die Zeit, wo man Erdbeben mit physikalischen Instrumenten, den Seismografen, registrieren konnte. Parallel zum Einrichten seismischer Stationen auf der ganzen Welt fingen die Erdbebenforscher an, sich zu organisieren. Dies führte zum Beispiel im Jahre 1899 in Straßburg zur Gründung der *Permanenten Seismologischen Kommission* und, 1903 ebenfalls in Straßburg, der Internationalen Vereinigung für Seismologie. Fast von Anfang an durfte sich die nunmehr prosperierende seismologische Wissenschaft in globalem Maßstab entwickeln. Mit dem Siegeszug der Computer-Technik gewann sie in den vergangenen Jahrzehnten mit Hilfe kleinflächiger Netze zusätzliche Aussagekraft im lokalen oder regionalen Maßstab.

Jedoch verloren die makroseismischen Daten und Methoden keineswegs an Bedeutung. Sie

erweitern zum einen unseren Horizont rückwärts in jene Zeit hinein, als es noch keine empfindlichen Seismografen gab. Und dann waren noch viele Jahrzehnte lang makroseismische Untersuchungen allein dazu in der Lage, die Herdtiefe eines Erdbebens genauer abzuschätzen, als es mit Hilfe instrumenteller Aufzeichnung möglich war. Selbst in jüngster Zeit hilft uns die Makroseismik, wenn in Gebieten mit einer geringen Stationsdichte, solche gibt es auch in Deutschland, für schwache Erdbeben eine Abschätzung der Herdtiefe vorzunehmen ist (s. u.a. LEYDECKER, 2003).

Im Folgenden soll über die Geschichte der Herdtiefenbestimmung aus makroseismischen Wahrnehmungen, das ist ein sehr spezieller Teil der Seismologie, berichtet werden. Es sind vor allem drei Personen – Friedrich Pfaff in Erlangen, Radó v. Kövesligethy in Budapest



Abb.1: Friedrich Pfaff (1825-1886) [Das Photo wurde von der Portraitsammlung der Universitätsbibliothek zu Erlangen zur Verfügung gestellt.]

und Wilhelm Sponheuer in Jena – die wesentlichen Akzente setzten. Zunächst wird auf deren Biographien eingegangen, ehe ihre Beiträge zu unserer Thematik geschildert werden.

## Die Vita der drei Forscher

Friedrich Pfaff, geboren am 17. Juli 1825 in Erlangen, entstammte einer Gelehrtenfamilie. Sein Vater, Wilhelm Pfaff (1774-1835), war ordentlicher Professor für Astronomie und Mathematik an der Universität Erlangen. Ein Onkel war der Mathematiker Johann Friedrich Pfaff (1765-1825), Doktorvater von C.F. Gauß sowie Professor der Mathematik in Helmstedt und Halle, ein anderer, Christian Heinrich Pfaff (1773-1852), Professor der Medizin, Physik und Chemie in Kiel. Friedrich Pfaff besuchte zunächst das Gymnasium in Erlangen und trug sich im WS 1842/43 in die Matrikel der Universität Erlangen ein, wo er in den darauflgenden Jahren Naturwissenschaften, Medizin, Mathematik und Mineralogie studierte. Er promovierte im Jahre 1848 zum Dr. med. und 1853 zum Dr. phil. Im Jahre 1849 erfolgte seine Habilitation für Medizin. Seine beruf-

liche Laufbahn begann 1849 als Privatdozent für Medizin und 1853 als Privatdozent für Mineralogie. 1855 erhielt er den Ruf zum außerordentlichen Professor an die philosophische Fakultät der Universität Erlangen, 1863 zum ordentlichen Professor. 1865 wurde er Vorstand der dortigen Mineralogischen Sammlungen und 1868 übernahm er die Lehrstuhlvertretung für Anatomie an der Medizinischen Fakultät. Pfaff wurde 1879 korrespondierendes Mitglied der Bayrischen Akademie der Wissenschaften und 1882 der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. Friedrich Pfaff starb am 18.07.1886 in Erlangen. Die Stadt Erlangen widmete im Jahre 1950 der Professorenfamilie den Pfaffweg. [Daten vornehmlich nach WITTERN (1999)]

Radó v. Kövesligethy wurde, folgen wir MITTELBACH (2011), am 1.09.1862 in Verona im damaligen Österreich-Ungarn, als Sohn von Josefa Renz, aus dem bayrischen Altenstadt stammend, geboren. In die Taufmatrikel ist er nach seinem leiblichen Vater, einem Hauptmann der k. u. k. Armee, als Rudolf Konek eingeschrieben. Seine Mutter ging wegen politischer Ereignisse, 1866 kam Verona zu Italien, in ihre Heimatstadt zurück, so dass der kleine Rudolf seine Kinderjahre in Bayern verbrachte. Er besuchte von 1869 bis 1873 eine kleine Dorfschule in Illereichen (Bayern). Die Mutter heiratete schließlich in Pozsony (ungarischer Name des heute slowakischen Bratislava) Karl von Kövesligethy, der ihren Sohn adoptierte. Von 1873 bis 1881 besuchte Radó in Pozsony das Gymnasium. Im Jahre 1881 schrieb er sich in die Matrikel der Universität Wien ein und promovierte am 18.07.1884. Seine berufliche Laufbahn begann er als Observator an der Sternwarte zu Ogyalla (heute Hurbanovo, Slowakei), sie wurde zwei Jahre lang am Meteorologischen und Erdmagnetischen Landesinstitut fortgesetzt, ehe Kövesligethy von 1888 bis 1893 Assistent bei Baron Loránd Eötvös (1848-1919) war. Seit 1889 war Kövesligethy Privatdozent an der Universität zu Budapest bevor er 1897 zum außerordentlichen und 1904 zum ordentlichen öffentlichen Professor der Kosmographie berufen wurde. Er gründete in Budapest das Seismographische Observatorium, dessen Leitung er bis zu seinem Tode innehatte. Seit 1885 war Kövesligethy Mitglied der Ungarischen Wissenschaftlichen Akademie. Er war einer der Gründer der l'As-



Abb. 2: Radó v. Kövesligethy (1862-1934), Aufnahme aus dem Jahre 1898 [Das Photo hat Peter Varga, Leiter des Seismologischen Observatoriums Budapest, zur Verfügung gestellt]



Abb. 3: Wilhelm Sponheuer (1905-1981) [Das Foto aus dem Jahre 1971 hat Karin Necke, Jena, zur Verfügung gestellt.]

sociation Internationale de Sismologie 1903 in Straßburg und seit 1905 deren Erster Sekretär. In dieser Funktion hat er die Comte Rendue dieser Vereinigung herausgegeben. Kövesligethy war wohl anfänglich in erster Linie Astronom, beeinflusste später jedoch durch seine Tätigkeit auch die junge Seismologie nachhaltig. Am 11.10.1934 starb Radó v. Kövesligethy.

Wilhelm Sponheuer wurde am 13.09.1905 in Essen als Sohn eines Bäckermeisters geboren. In seiner Heimatstadt besuchte er das Reform-Realgymnasium, bevor er 1925 nach Aachen ging, um an der dortigen Technischen Universität Elektrotechnik zu studieren. 1932 schloss er sein Studium als Diplom-Ingenieur ab. Mit seiner Anstellung an der damaligen Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena am 1.06.1934 als persönlicher Assistent von August Sieberg (1875-1945) begann Sponheuers wissenschaftliche Laufbahn als Seismologe, die er von nun an erfolgreich gestaltete. Sein Arbeitsgebiet war die Makroseismik. Zunächst von Sieberg als Assistent gefördert nach dessen Tod nachhaltig in selbständigen Schaffen. 1940 promovierte Sponheuer an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena, 1960 habilitier-

te er sich an der Bergakademie zu Freiberg. Im Jahre 1965 wurde er von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zum Professor ernannt. Aus seiner Feder stammte u.a. der Erbebenkatalog für Deutschland für den Zeitabschnitt von 1800 bis 1899 und eine Karte der Epizentren von Erdbeben in Deutschland (1953). Sponheuer ist einer der Väter - die anderen waren Medvedev aus Moskau und Kárník aus Prag - der makroseismischen MSK-Skala (s. MEDVEDEV et al., 1965). In der Zeitspanne von 1961 bis 1963 leitete Sponheuer als amtierender Direktor das Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena. Im Jahre 1966 wurde Sponheuer zum Vizepräsidenten der European Seismological Commission (ESC) gewählt, einem Amt, das er zwei Wahlperioden lang ausübte. Am 18.10.1981 starb Wilhelm Sponheuer in Jena.

### Wie die makroseismische Herdtiefenbestimmung befördert worden ist

Zu Lebzeiten von Pfaff waren die Annahmen über die Ursachen des Phänomens Erdbeben noch ausschließlich spekulativ und gezwungenmaßen widersprüchlich. Sie waren u.a. auch vom Widerstreit zwischen Neptunisten und Plutonisten geprägt. PFAFF (1860), selbst zum Plutonismus neigend, greift in diesen Streit ein, in dem er die Meinung des Neptunisten Otto Volger (1822-1897) zur Entstehung von Erdbeben geißelte. In eben diesem Aufsatz stellt er dar, dass man die Natur von Erdbeben besser deuten könne, wenn man die Tiefe ihrer Herde kennt. Seine theoretischen Überlegungen dazu nehmen die später praktisch bestätigten Erfahrungen voraus. Seinen Gedanken liegt seine Fig. 1, die hier als Abb. 4 kopiert worden ist, zugrunde. Er schlussfolgert:

*“... dass je tiefer der Erschütterungsmittelpunkt (Herd d.A.) angenommen wird, desto langsamer die Abnahme der Heftigkeit der Wirkungen an der Oberfläche erfolgen muss, und eben so, dass das Erschütterungsgebiet an der Oberfläche um so grösser sein muss, je tiefer hinein wir den Punkt a (Herd) verlegt denken. Denn je tiefer a liegt, desto geringer wird die Differenz der Entfernungen der Oberflächenpunkte b, c, d ... von a.“*

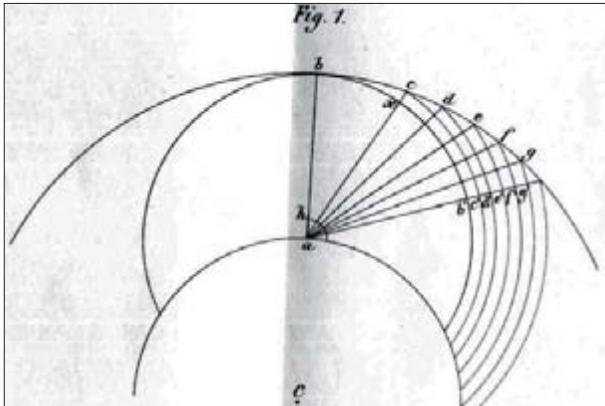


Abb. 4: Kopie einer Skizze aus PFAFF (1860) zur Erläuterung der Tatsache, dass tiefe Erdbeben weiter makroseismisch wahrnehmbar sind als flache.

Pfaffs Erkenntnis bedurfte der experimentellen Anwendung und Überprüfung. Eine Voraussetzung dazu war jedoch, dass sowohl Regeln für die Klassifikation von menschlichen Beobachtungen in Form einer makroseismischen Skala aufgestellt wurden als auch eben diese Skala zu einer physikalischen Größe, der Bodenbeschleunigung, am Ort der makroseismischen Wahrnehmung eines Erdbebens, verknüpft wurde. Das war zu Pfaffs Zeit unbekannt. Diese Lücke hat CANCANI (1856-1904) im Jahre 1904 geschlossen, indem er seiner von 1 bis 12 linear eingeteilten Skala den geometrischen Fortschritt der Beschleunigung um den Faktor 2 pro Stärkegrad zuordnete. KÖVESLIGETHY (1907) hat dies quasi ohne Verzögerung aufgegriffen. Als Astronom, sah er eine Analogie zwischen dem in der Astronomie üblichen Schätzungen des Zusammenhangs der Größe eines Sternes und seiner photometrischen Intensität einerseits und der seismologischen Beziehung zwischen der makroseismischen Intensität und der Bodenbeschleunigung andererseits. Das Ergebnis ist die nach ihm benannte Formel, in der Form von SPONHEUER (1960):

$I_0 - I = 3 \cdot \log(r/h) + 3 \cdot \alpha \cdot M \cdot (r - h)$  Formel von Kövesligethy

Wäre es nach Kövesligethy gegangen, hätte sie Cancanische Formel heißen sollen. Die verwendeten Symbole sind in Abb. 5 erklärt; zusätzlich bedeuten  $\alpha$  eine Dämpfung und  $M$  den Wert 0,4343.

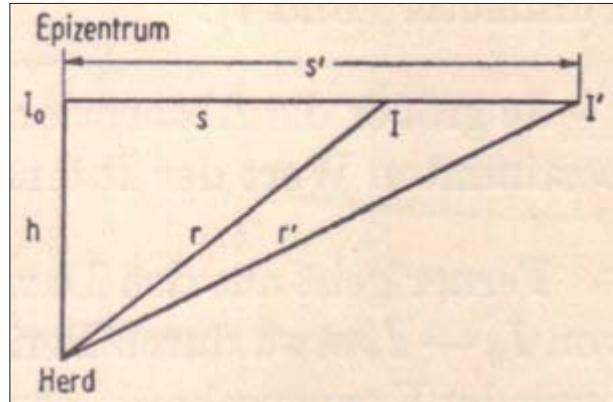


Abb. 5: Skizze aus SPONHEUER (1960) zur Erläuterung der Formel von Kövesligethy

Die Grundlage für die wirkliche Abschätzung der Herdtiefe aus makroseismischen Daten war somit von Kövesligethy gelegt. Ihre Anwendung blieb in der unmittelbaren Folgezeit uneinheitlich. SPONHEUER (1960) berichtet allein über acht schrittweise Verfahren und vier empirische Formeln, die sich des Problems annahmen. In Jena wurde 1923 die Reichsanstalt für Erdbebenforschung gegründet. Ein Zentrum für Forschungen über Erdbeben, das unter unterschiedlicher Hoheit und verschiedenen Namen und aus heutiger Sicht mit guter Personalausstattung bis 1991 existierte. Eine Thematik, die dort unter anderen gepflegt wurde, war die Zusammenstellung von Katalogen historischer Erdbeben für Deutschland und der angrenzenden Gebiete. Nach dem Tod von August Siebert leitete Sponheuer diese Arbeit und wurde so zwangsläufig zur makroseismischen Herdtiefenbestimmung geführt. Er stellte in seiner Arbeit aus dem Jahre 1960 fest:

*“Das Mißverhältnis von Arbeitsaufwand bei den bisherigen Näherungsverfahren zu der erreichbaren Genauigkeit der Herdtiefenberechnung ... hat sicherlich manchen Seismologen von den makroseismischen Näherungsverfahren abgeschreckt ... Der für die Tiefenberechnung mit der neuen Methode erforderliche Arbeitsaufwand ist aber so gering, daß auch umfangreiche Untersuchungen rationell durchgeführt werden können.“*

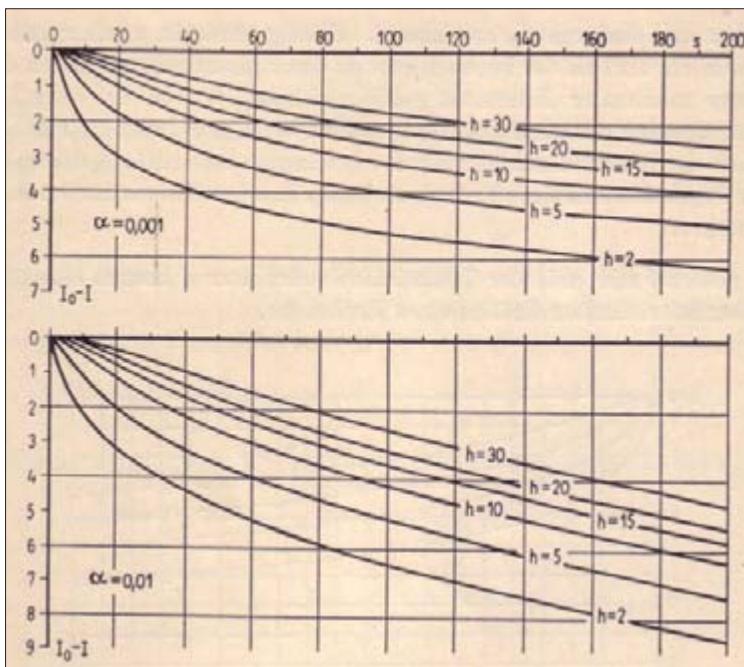


Abb. 6: Theoretische Abnahme der Differenz der makroseismischen Intensität mit der Entfernung für verschiedene Herdtiefen  $h$  und zwei Dämpfungen  $\alpha$ . (aus SPONHEUER, 1960)

Die “neue Methode“ ist ausführlich von SPONHEUER (1960) beschrieben worden und hat sich in der Praxis durchgesetzt. Ihr Wesen wird aus der Abb. 6 deutlich. Es wird für einen festen Wert der Dämpfung  $\alpha$  die Abhängigkeit der Differenz der Isoseisten  $I_0 - I$  ( $I_0$  ist die Intensität im Epizentrum) als Funktion von ihrer Entfernung  $s$ , wie sie nach der Formel von Kövesligethy folgt, mit der Herdtiefe  $h$  als Parameter dargestellt. So entsteht ein Masterkurvensatz. Für verschiedene  $\alpha$  gibt es unterschiedliche Sätze. Die aus Beobachtungen gefundenen Paare ( $I_0 - I$ ,  $s$ ) werden nun jener Kurve zugeordnet, durch die sie am besten angenähert werden. Ihr Tiefenparameter gilt als Abschätzung der gesuchten Herdtiefe.

## Zusammenfassung

Die Bestimmung der Herdtiefe eines Erdbebens nach makroseismischen Beobachtungen wurde von drei Forschern maßgeblich beeinflusst: Pfaff, v. Kövesligethy und Sponheuer. Deren Biographie wird kurz dargestellt. Es wird gezeigt, wie die makroseismische *Herdtaufenbestimmung nach Sponheuer*, wie sie heute meist genannt wird, mit Hilfe der *Formel von Kövesligethy*, für die letzterer den Namen Cancani-Formel vorgeschlagen hatte, mit Überlegungen von Pfaff korrespondiert.

## Dank

Peter Varga, Seismological Observatory Budapest, und Karin Necke, Jena, sei herzlich gedankt für die Vorlagen zu den in Abb. 2 bzw. 3 wiedergegebenen Fotos.

## Benutzte Archivalien

Portraitsammlung der Friedrich-Alexander-Universität: Foto von Friedrich Pfaff (s. Abb. 1)

Archiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena: Unterlagen zur Habilitation von Wilhelm Sponheuer

## Literatur

CANCANI, A. (1904): Sur l'emploi d'une double échelle sismique des intensités, empirique et absolute. – Gerl. Beitr. Geophysik, Ergänzungsband 2, 281-283.

KÖVESLIGETHY, R.v. (1907): Seismischer Stärkegrad und Intensität der Beben. – Gerl. Beitr. Geophysik, Band XIII, 363-366; Leipzig.

- LEYDECKER, G. (2003): Das Erdbeben vom 11. Juli 2002 in Weyhe südlich Bremen im Norddeutschen Tiefland. – *Z. Angew. Geol.*, **49**/1, 60-64.
- MEDVEDEV, S.V., SPONHEUER, W. & KÁRNÍK, V. (1965): Skala Sejcmičeskoy Intensivnosti, Seismic Intensity Scale, Version MSK 1964. – Academy of Sci. USSR, Soviet Geophys. Committee; Moskau.
- MITTELBACH, O. (2011): Drei berühmte Wissenschaftler aus einem kleinen Bauernhaus. – Augsburger Allgemeine, Lokales, vom 10. März 2011.
- PFAFF, F. (1860): Beiträge zur Theorie von Erdbeben. – *Z. der Deutschen geologischen Gesellschaft*, Band XII, 451-466; Berlin.
- SPONHEUER, W. (1952): Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete für die Jahre 1800 bis 1899. – *Mitt. des Deutschen Erdbebendienstes*, Heft 3; Berlin.
- SPONHEUER, W. (1953): Die Erdbebenherde Deutschlands und ihre Beziehungen zur Tektonik. – *Bull. Inform. U.G.G.I.*, **2**, 280-283.
- SPONHEUER, W. (1960): Methoden zur Herdtiefenbestimmung in der Makroseismik. – *Freiberger Forschungshefte*, C 88, Akademieverlag, Berlin.
- WITTERN, R. (Hrg.) (1999): Die Professoren und Dozenten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen 1743-1960. Teil 2: Medizinische Fakultät. – Erlanger Forschungen, Sonderreihe Bd. 9; Erlangen.

# The Hawaiian PLUME Project: Searching for Hawaii's Magma Source using OBSs

**Gabi Laske, IGPP, Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego, La Jolla, California, U.S.A.**

## Introduction

This contribution presents my plenary talk given at the 2010 DGG meeting in Bochum. I briefly summarize some of the geoscientific information currently available for the Hawaiian hotspot but this summary is by no means complete. In large parts, I focus on our own field campaign and initial seismic data analysis: the Hawaiian Plume–Lithosphere Undersea Mantle Experiment (PLUME) project was a multi-disciplinary program whose centerpiece was a large network of four-component broadband ocean-bottom seismometers (OBSs) and three-component portable broadband land stations. Principle investigators involved in the project are found at the end of this contribution.

## The Hawaiian hotspot

Together with its extensive chain of islands and seamounts, Hawaii has long been regarded as the textbook example of an intra-plate hotspot that is fed by a deep-rooted mantle plume (WILSON 1963, MORGAN 1971). In the classical plume model, hot mantle material ascends through a relatively narrow conduit before pancaking beneath the rigid lithosphere. Buoyant asthenosphere material is dragged downstream by the overriding plate. The overlying lithosphere is rejuvenated (reheated and, possibly, mechanically eroded), and volcanism leads to magmatic underplating of the crust. These processes lead to an elongated bathymetric swell.

Confirming Hawaii's connection to the deep Earth has proven a challenge, however, so that alternative models proposing a shallow origin are considered still today. For example, TURCOTTE & OXBURGH (1973) suggested that progressive fracturing of the Pacific plate in response to tensional stresses during movement on an oblate Earth allows for the passive ascent of magma from the asthenosphere thereby causing age-progressive volcanism.

## Geoscientific evidence: deep vs. shallow origin

Analyses of the age progression and geographic alignment of Hawaiian lavas provided evidence that the thermal plume model may be too simple. Rather, plumelets ascending from a tilted main conduit at different times are required to fit out-of-sequence age data (e.g. IHINGER 1995, COX 1999). Differences in lava composition are difficult to interpret, even at the well-studied Hawaiian volcanoes, as a single volcano produces diverse lavas as it goes through different stages (see BOHRSON 2011 for a recent quick overview). Early work on isotope composition suggested distinct sources for reconciling differences in Loihi's lavas but these sources may be localized at crustal depths (FREY & CLAQUE 1983) or within the lithosphere (STAUDIGEL et al. 1984).

Speaking against a deep mantle plume, Hawaii's basalts do not have the signature of a typical ocean island basalt (OIB) from volcanism that is thought to tap a primordial source in the deep mantle (e.g. HOFMANN 1997). In fact, recent work suggested that Hawaii's lavas involve significant amounts of recycled material (SOBOLEV et al. 2005). On the other hand, high  $^3\text{He}/^4\text{He}$  found in Hawaii's solfataras and fumaroles (HILTON et al. 1997) suggest a deep mantle source (e.g. HAHM et al. 2009) though the origin of anomalously high Helium ratios was also considered to lie within the upper mantle (FOULGER 2002).

Addressing the question whether the Hawaiian hotspot is indeed 'hot' or instead 'wet', the collection of heat flow data (VON HERZEN et al. 1982) has been somewhat inconclusive. Consistently high heat flow anomalies, found on a profile along the southern margin of the Hawaiian swell appeared consistent with the signal from a plate that is reheated by a plume. But a subsequent cross-profile between Oahu and Midway did not yield the predicted on-axis high heat flow data.

This is difficult to reconcile with a ‘hot’ hotspot but it has been argued that some data may be biased low through convective cooling by hydrothermal circulation in the sediments (HARRIS & McNUTT 2007).

Reliable seismic tomographic images could provide crucial clues in the deep-versus-shallow, plume-or-not debate. But accurate seismic imaging of the deep roots of a thermal plume in the lower mantle may be quite challenging. Using standard temperature derivatives for shear velocity (e.g. KARATO 1993), an excess temperature of 250 °C gives rise to a velocity anomaly of about 3 % (2 % for compressional velocity) in the upper mantle. This is more than the typical travel- time measurement error of about 1 %. Since temperature derivatives for shear velocity in the lower mantle are smaller by a factor of two (three for compressional velocity) temperature anomalies have to be accordingly larger or the signal is closer to the measurement error, particularly for compressional velocity. Hence, the seismic signal from a thermal plume is likely weaker in the lower mantle. Heterogeneity in seismic attenuation, rock composition and partial melt in the upper mantle complicate this matter.

## Previous seismic constraints

Shallow magma chambers beneath the island of Hawaii were mapped using teleseismic as well as local events (e.g. ELLSWORTH & KOYANAGI 1977, OKUBO et al. 1997, TILMANN et al. 2001). The broadband deployment PELENET allowed the imaging of a pronounced low-velocity anomaly between 150 and 350 km depth (WOLFE et al. 2002). Perhaps surprisingly, this anomaly was centered downstream of the proposed current hotspot location beneath Loihi. On the other hand, deep imaging beneath and upstream of the island of Hawaii remained elusive due to the restriction to mostly land installations though WOLFE et al. (2002) used data from the ocean seismic network pilot experiment (OSN1). Some receiver-function studies produced a rather puzzling result (LI et al. 2000, WÖLBERN et al. 2006): an approx. 300-km-wide area of thinned transition zone (TZ) – the tell-tale sign of a hot mantle plume – to the southwest of Hawaii and

not upstream as expected. At least the 2000 study left room for speculation as data coverage was incomplete around the island of Hawaii. On the other hand, the OSN1 and PELENET work reported a very broad, elongated region (500 x 700 km) of thinned TZ beneath the entire island chain (COLLINS et al. 2002, SHEN et al. 2003).

Early global body-wave tomography imaged a low velocity anomaly beneath Hawaii to depths of at least 800 km (e.g. BIJWAARD & SPAKMAN 1998) but sparse data coverage in the upper mantle did not allow benchmarking this anomaly against the unperturbed Pacific mantle. A more recent study also traced an anomaly into the lower mantle (MONTELLI et al. 2004) but the authors lamented the relatively weak signal which they attributed to poor data coverage in the mid-mantle beneath Hawaii, the result of highly uneven source distances. Global seismic tomography may also lack the resolution to reveal small-scale but nevertheless crucial details to explore Hawaii’s plumbing system.

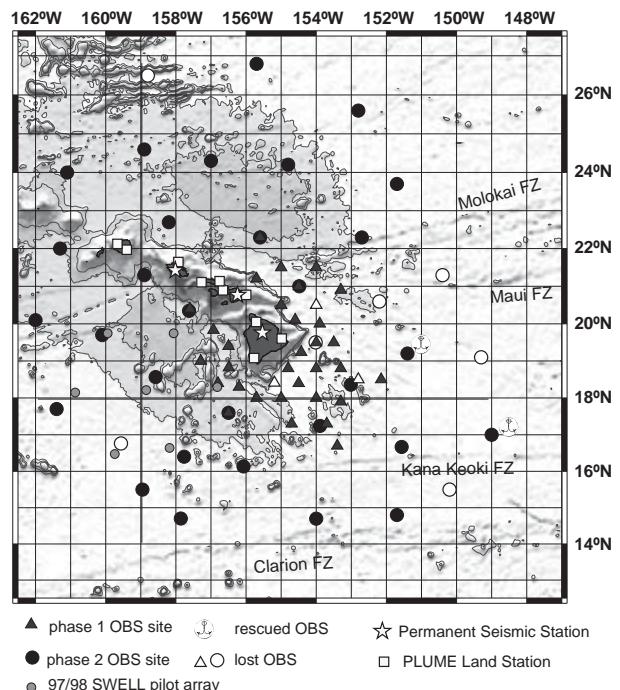


Figure 1: Site locations of the two Hawaiian PLUME deployments. Phase 1 operated from January 2005 through January 2006 and phase 2 from April 2006 through June 2007. Also shown are sites of permanent global seismic network (GSN) stations and the sites of the 1997-1998 SWELL pilot array (LASKE et al., 2007). Bathymetry is shown in shades of grey below 5000 m (light grey), 4500 m (grey) and above 4000 m (dark grey).

Clearly, a large-aperture (1000 km) network of a large number of broadband OBSs was needed to make the desired progress in seismic imaging (Figure 1). While long-duration deployments have been routine operations on land for several decades, such deployments were not feasible on the ocean floor before significant progress was made in battery technology and low-power data-loggers a few years ago (the power consumption of a modern broadband OBS is about 1.5 W).

## The PLUME OBS deployments

With brand new equipment, we started our journey in January 2005 on the R/V Melville for the first of two year-long PLUME deployments (Figure 1). The instruments (Figure 2) were provided by the OBS groups at the Scripps Institution of Oceanography (SIO) and at the Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) and are part of the U.S. national OBS Instrument Pool (OBSIP). Similar to the Incorporated Research Institutions of Seismology (IRIS) PASSCAL program, these instruments can be rented by principal investigators (PI) though heavy subscription has now led to similar wait times as for PASSCAL instruments. The OBSs were equipped with a Guralp or Nanometrics three-component broad- or wideband seismometer

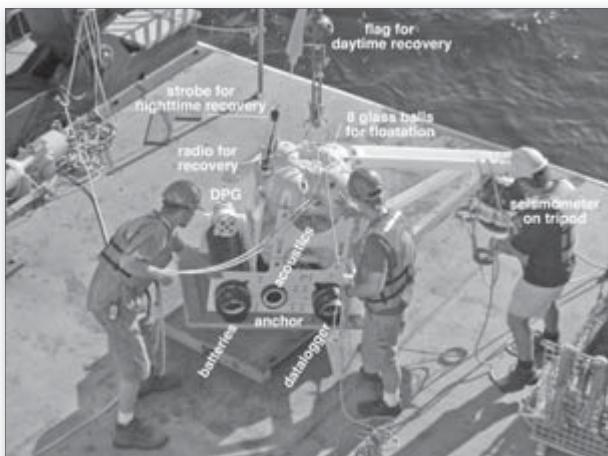


Figure 2: Deployment of a four-component SIO OBS featuring a Nanometrics Trillium-240 three-component seismometer and a differential pressure gauge (DPG). The seismometer, batteries, acoustic system and datalogger are housed in aluminum pressure cases. Empty glass balls provide floatation.

(CMG-3T, T-240 or T-40) and a Cox–Webb differential pressure gauge (Cox et al. 1984). For details see LASKE et al. (2009).

The two-phase OBS network occupied 72 sea-floor sites. It was augmented by 10 land stations that were maintained by co-PIs from the Carnegie Institution of Washington (CIW), and three observatory stations of the global seismic network (GSN) and GEOFON. PLUME was the first experiment to deploy these OBSs in such large numbers. While the first phase was quite successful with 32 of 35 OBS recovered, lessons were learned from the second phase were the initial recovery rate was only 74 % (28 of 38). Except for two OBSs, we were unable to establish acoustic communication to retrieve the instruments. Such a failure can have many causes, including dead batteries in the acoustic system, a shift in the acoustic response frequency, early release, and even burial in mushy sediments. The most dreaded but perhaps likely cause is the failure of the glass balls that provide floatation (SIO OBSs) and provide the housing for the batteries and the data acquisition (WHOI OBSs). Considering that these instruments were placed in relatively deep water (about 5500 m), though the glass balls are rated to depths of 6500 m, and subsequent experiments called for even deeper deployments (e.g. in the Marianas Trench), there was an urgent need to establish the actual failure mode of the OBSs. Moreover, many of the losses clustered in one area in the east of the PLUME network where two OBSs actually responded but did not appear to release.

A subsequent visit with WHOI's remotely operated vehicle (ROV) JASON retrieved these instruments intact and so filled a crucial data gap. It turned out that these OBSs were stuck in the mud despite having 65 pounds of positive buoyancy after releasing their anchor. At all but one of the other visited sites, imploding glass balls destroyed the instrument package, and only the seismometer was retrieved. One OBS apparently released early as only the anchor was found. In response to the findings of the JASON rescue cruise the SIO instruments are now refurbished to replace the glass floatation with syntactic foam though this increases the costs and the dry weight of the instruments.

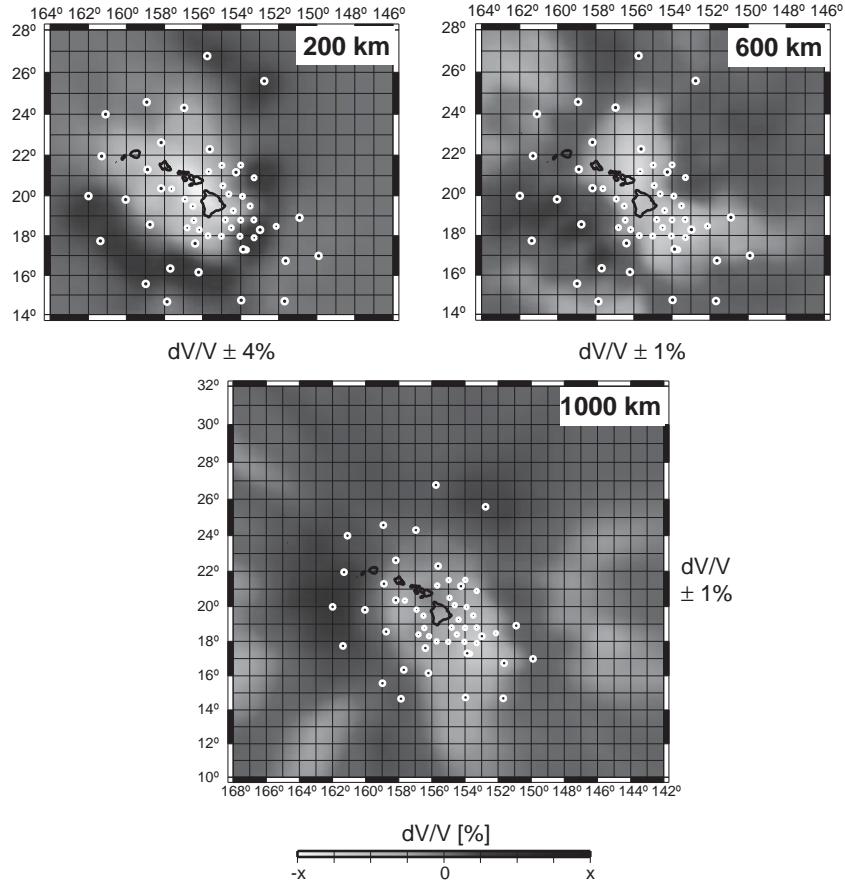


Figure 3: Model of shear-velocity anomaly,  $dV/V$ , that results from an inversion of PLUME body-wave-travel-time anomalies, without station terms, shown at three depths. For details see WOLFE et al. (2009). As shear velocity anomalies decrease with increasing depth, the grey scale was adjusted accordingly. The peak-to-peak values of the scale is given for each panel.

### Initial PLUME body wave results

As expected, noise levels were quite high in the short-period band (around 1 Hz, see WEBB 1998 for a review on ocean noise). But at periods longer than 10 s, the signal-to-noise levels on the vertical components rivaled those of land installations (LASKE et al. 2009). Initial body wave tomography for shear-velocity structure revealed a pronounced low-velocity anomaly that reaches well into the lower mantle to depths of at least 1500 km (Figure 3) (WOLFE et al. 2009). Below this depth the PLUME dataset loses resolution. In the upper mantle, the low-velocity anomaly is elongated and aligned with the island chain. It is surrounded by a parabola-shaped high-velocity anomaly that appears consistent with parabola-shaped downwellings of cold material as predicted by some geodynamical models (e.g. RIBE & CHRISTENSEN 1994, MOORE et al. 1998). In the transition zone, low seismic velocities roughly coincide with the area of thinning found by the OSN1 and PELENET studies (COLLINS et al.

2002, SHEN et al. 2003). In the lower mantle, the low-velocity anomaly is located to the southeast of Hawaii. This is consistent with a plume that is tilted by large-scale mantle flow (RICHARDS & GRIFFITHS 1988).

These results strongly suggest a deep origin of Hawaii's magma. Excess plume temperatures inferred from the seismic model were estimated to be 250 °C at 300 km depth and 300 °C at 900 km depth.

### Initial PLUME surface wave results

While the analysis of body waves addresses the key question whether Hawaii is fed by a deep-reaching mantle plume or not, surface waves provide information on the state of the lithosphere and asthenosphere at a resolution elusive to teleseismic body-wave tomography. A key question here is to find the cause of Hawaii's extensive bathymetric swell. Proposed models

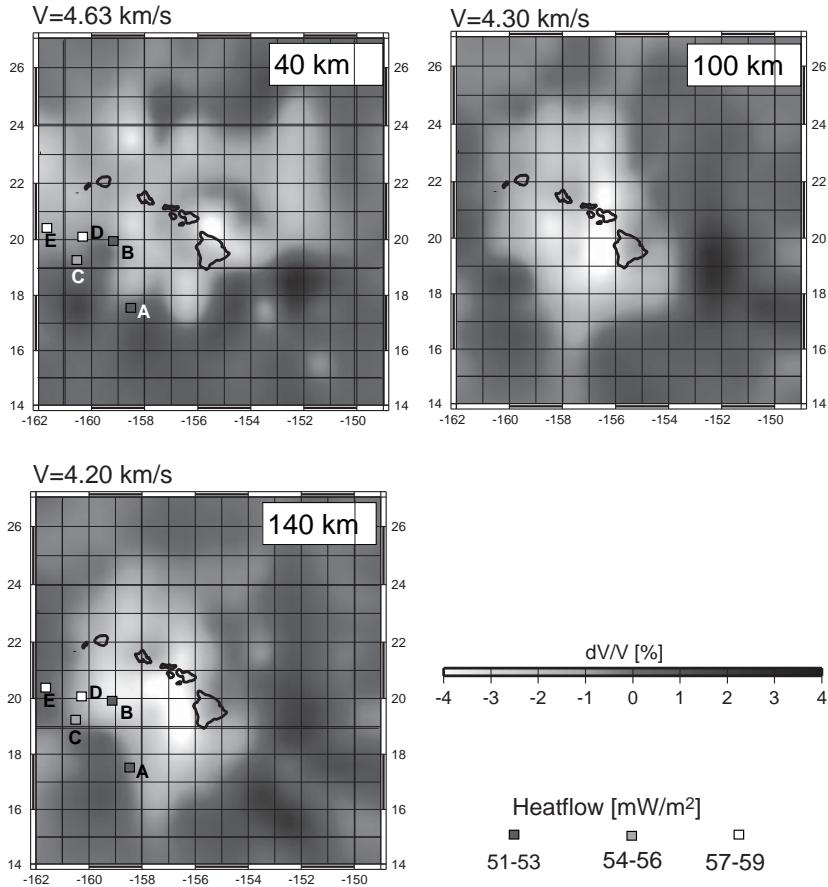


Figure 4: Model of shallow-mantle shear-wave-velocity anomaly,  $dV/V$ , that results from an inversion of phase-velocity maps, shown at three depths. The phase-velocity maps were obtained from two-station-phase-velocity data for both PLUME and SWELL. The reference model is a slightly modified NISHIMURA & FORSYTH (1989) model for 52-100-Myr-old lithosphere (crustal structure adjusted). The reference velocity at each depth is given above each panel. The input-phase-velocity maps were corrected for effects caused by bathymetry and crustal thickness prior to the inversion. For details see LASKE et al. (2011). Grey-shaded squares mark heatflow data by VON HERZEN et al. (1982).

have distinct seismic signatures. Thermal rejuvenation (DETTRICK & CROUGH 1978) and thermal erosion (LI et al. 2004) are associated with low velocity anomalies in the lithosphere and asthenosphere, while in the dynamic support model (WATTS 1976) seismic velocities are normal in the lithosphere but anomalously low in the asthenosphere. The compositional buoyancy model (JORDAN 1979), on the other hand, is associated with high-velocity anomalies (KATZMAN et al. 1998).

Dispersion analyses using the two-station method along the island chain found no evidence for lithosphere thinning (Woods et al. 1991, Woods & OKAL 1996, PRIESTLEY & TILMANN 1999). But it was suggested that a single-path study fails to account for propagation effects along a narrow low-velocity channel associated with rejuvenated lithosphere and hot asthenosphere material dragged downstream (MAUPIN 1992). Global surface-wave tomography usually places a low-velocity anomaly near Hawaii but the location and geometry strongly varies between studies. The difficulty of resolving fine-scale structure around Hawaii is a result of lacking crossing travel paths.

PLUME vastly changed this situation. Our initial Rayleigh wave dispersion analysis (LASKE et al. 2011) was based on broadband dispersion data between 10 and 50 mHz along over 600 two-station paths. The resulting shear-velocity model (Figure 4) exhibits a pronounced low-velocity anomaly to the west of the island of Hawaii that extends from 60 down to at least 140 km below which depth our dataset loses resolution. The core of this anomaly is not much more than 100 km in diameter though it is located within a several 100 km broad region of low shear velocity. It connects at shallower depth to a small anomaly at the northern end of the island of Hawaii, also mapped by TILMANN et al. (2001), and may trace the pathway of Hawaii's magma.

Considering a range of temperature and partial melt derivatives for shear-velocity anomalies, our model is consistent with an excess plume temperature between 200 and 250 °C, in accordance with the body-wave result, and partial melt of up to 5 %. These numbers may be higher considering that seismic tomography usually underestimates velocity anomalies. On the other hand, if pronounced seismic attenuation accompanies

the low velocity anomalies, then the excess temperature could be lower.

A strong asymmetry in structure accompanies that in the bathymetry whereby no pronounced anomalies exist to the east of the islands. At depths 120 km and below, the model is broadly consistent with the body wave model, especially when station terms are included in the inversions for the latter. At depths shallower than 80 km, the apron of high-velocity anomalies disappears and low-velocity anomalies become more spotty. Many of these anomalies coincide with relatively recent volcanism on the ocean floor (up to several million years old), while deeper anomalies align better with Cretaceous seamounts.

## Outlook

Unfortunately, PLUME covered only part of the area sampled in the heatflow survey (VON HERZEN et al. 1989). It is nevertheless interesting to note that along swell heatflow data collected near the edge of the swell do not correlate with seismic anomalies found in the asthenosphere. Instead, a weak correspondence exists for shallower structure. This suggests that heat associated with the seismic anomaly in the asthenosphere may still be trapped at the base of the lithosphere and that cooling in the lithosphere is uneven. In this case, the collection of a heatflow dataset that fully represents the first-order along-axis cooling of the Pacific plate may be a complex but nevertheless exciting task. It would also be enlightening to know the seismic structure beneath the other heatflow sites downstream. An interesting aspect hereby is the recovery of the lithosphere from rejuvenation. The receiverfunction study of LI et al. (2004) provided evidence for such a recovery. Our surface- wave model also hints that seismic velocities become normal downstream but resolution degrades rapidly as a result of poor data coverage. At this point, it seems hard to reconcile the poorly constrained recovery of the seismic lithosphere with high heatflow anomalies.

Initial results from PLUME suggest a connection of the Hawaiian hotspot to the deep mantle. But since Hawaiian lavas carry the signature of recycling, the question is where this recycled material comes from. Is it supplied through

local small-scale convection as the ascending plume material encounters the bottom of the plate? Or is some material channeled from the East Pacific Rise through the asthenosphere? Or does Hawaii's volcanism perhaps tap into mantle residue left over from the Cretaceous Musician seamount volcanism to the north. A follow-up deployment of 30 OBSs could go a long way to deepen our understanding of the enigmatic Hawaiian hotspot and plume.

## Epilogue: Think outside the box!

The rich continuous PLUME seismic data, that are now available for download at the IRIS data management center (DMC), will no doubt support research going far beyond the original PLUME objectives. It should perhaps be expected from PIs of publicly funded projects to plan accordingly, particularly when all expenses are considered. Including ship time and instrument rental fees, PLUME cost several million dollars (2000). A few examples of our own not-planned-ahead but fun spin-off projects follow here.

## Earth's Normal Modes

As far as data quality is concerned, perhaps one of the biggest surprises was found in the free oscillation band above 1 mHz. To my knowledge, free oscillations at these frequencies were observed prior to PLUME only on buried OBSs. A buried ONS1 Guralp CMG-3T recorded mode  ${}_0S_6$  (1.04 mHz) after the great 25 March 1998 Balleny Island earthquake.

During the two PLUME deployments, about ten events occurred that we consider for free oscillation seismology, including the 28 March 2005 aftershock of the epic 26 December 2004 Sumatra-Andaman event. Here, we show the spectra of the smaller 15 November 2006 Kuril Islands event which was still about three times as large and the Balleny Island event regarding seismic moment (Figure 5).

We can easily identify modes  ${}_0S_0$  (0.81 mHz) and  ${}_0S_5$  (0.84 mHz) on the GSN instrument POHA on the island of Hawaii, while the usually quieter STS-1 at station KIP on Oahu was noisy at the

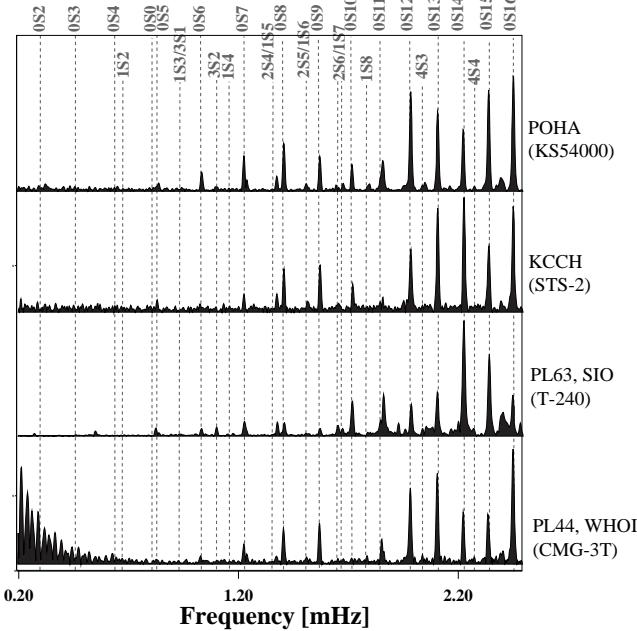


Figure 5: Normalized raw spectra of the 15 November 2006 Kuril Islands earthquake, at GSN station POHA (island of Hawaii), PLUME land station KCCH (Kauai), a SIO OBS site (PL63) and a WHOI OBS site (PL44). Labels below the station codes describe the broadband seismometer. The Teledyne KS54000 is a borehole sensor while the others are vault sensors: STS-2 (Wielandt-Streckeisen), T-240 (Nanometrics) and CMG-3T (Guralp). Vertical dashed lines mark Earth's normal modes. The spectra were obtained from 50-h-long time series using a Hanning taper.

time and is not shown. The best two PLUME land stations on Kauai (KCCH) and Maui (LSM) recorded  ${}_0S_7$  (1.23 mHz) above the noise floor, with KCCH hinting a weak signal of  ${}_0S_5$  but not of  ${}_0S_6$ . At least seven of the SIO OBSs and two of the WHOI OBSs recorded  ${}_0S_7$  (1.23 mHz) well above the background noise. Some SIO OBSs clearly also recorded  ${}_0S_6$ , and perhaps  ${}_0S_5$ . By observing tidal mode M2 with high fidelity, we confirm the extremely low noise levels on the T-240 at frequencies below 1 mHz. Some peaks are clearly visible but not associated with modes (e.g. a peak between  ${}_0S_3$  and  ${}_0S_4$ ). They belong to a sequence of harmonics caused by a nearly hourly re-leveling attempt of the seismometer, after removed much of this signal during post-processing. As some peaks coincide with mode frequencies (e.g.  ${}_0S_5$ ,  ${}_3S_2$ ), this is clearly not desirable and the re-leveling attempt in current

SIO OBS deployments occurs only once daily or weekly.

An ongoing debate questions the scientific value of deploying free-fall broadband OBSs but the shown spectra speak for themselves. We should concede that this does not apply to the horizontal components which are greatly affected by current-induced tilt noise and for which burial would likely help.

## The 15 Nov 2006 Kuril Islands Tsunami

We observed the somewhat enigmatic tsunami generated by the 15 November 2006 Kuril Islands earthquake. Tide gauge stations in the western Pacific barely recorded this tsunami with heights of not much more than 10 cm. Some near-costal tide gauges near Hawaii measured 20 cm. On the other hand, the tsunami measured over 1 m in Crescent City, California causing damage to the docks amounting to \$2 million.

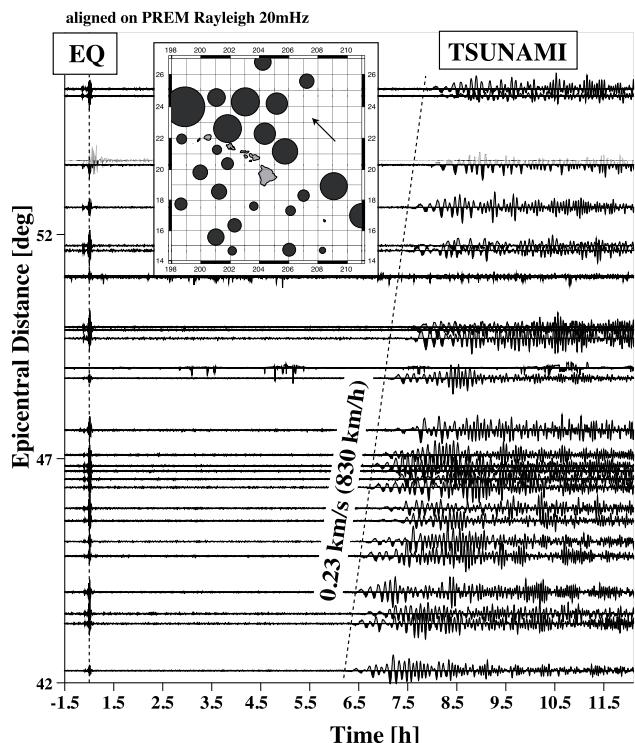


Figure 6: Section of the DPG records of the 15 November 2006 Kuril Islands earthquake and tsunami. The traces are aligned on the earthquake. The insert shows re-calibrated peak-to-peak amplitudes of the tsunami (see text for details). The arrow marks the back azimuth of the event.

We observed a strong signal from this tsunami on the PLUME DPGs. The very crudely estimated propagation speed of 0.23 km/s is consistent with an average water depth of 5.4 km across the network. The tsunami-signal between 1000 and 100 s is strongly dispersed. We also observed a marked disparity in amplitudes with much larger amplitudes to the north than to the south of the islands. This confirms either a non-uniform tsunami radiation pattern, a shadowing effect by the Hawaiian islands or other propagation effects. We have yet to establish a firm relationship between the observed amplitudes and wave heights as DPG calibrations can have a 50 % uncertainty. In fact, the amplitudes shown here were obtained after ‘re-calibrating’ the DPG amplitudes using the earthquake signal on the seismometers. Nevertheless, and due to the lack of tide gauge stations and tsunami buoys in the open ocean at the time, the PLUME DPG records allow valuable insight into propagation effects of the 2006 Kuril Islands tsunami.

## 2006 Hurricane Ioke

Moving up in frequency into the double-frequency microseism band between 0.1 and 0.2 Hz, we also observed a strong signal from category 5 Hurricane Ioke which formed in late August 2006 as the strongest hurricane ever to form in the central Pacific Ocean. Its two-week long journey took Ioke across the western Pacific to within 500 km of Hokkaido, Japan. Wave buoys operating around Hawaii at the time did not record any significant increase in activity though most of these near-coastal buoys were located on the leeside of Hawaii (north).

Processed PLUME seismometer records document strong variations across the network. Stations to the north recorded a weak signal (group D) but stations in a 400-km-wide area to the west of Oahu experienced a sharp increase as Ioke reached stage 4 when it was approximately 1000 km southwest of Oahu (group A). Station KIP on Oahu shows a very similar signal. The sharp increase is muted in the southeastern part of the PLUME array (group C) and at station POHA on the island of Hawaii (land-station records are not shown). Signals in the double-frequency microseism band come from standing

waves in the water column that are generated by interfering waves approaching from opposite directions. Usually, such waves are generated through reflection from the coastline. Since a wave buoy just south of Oahu shows no signal, we speculate that the signal was generated in the open ocean, somewhere within the area of group A. The waves may have gone unnoticed as a result of lacking wave buoys in the open ocean but some ships in a small area may have experienced an increased sea state. An in-depth

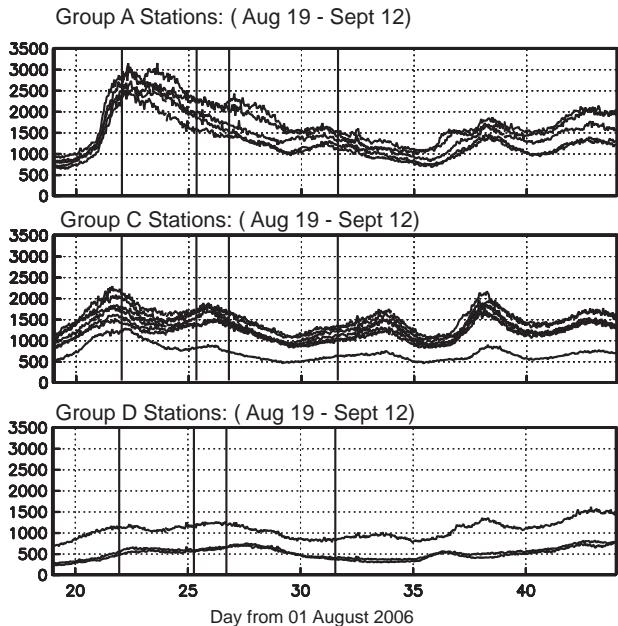
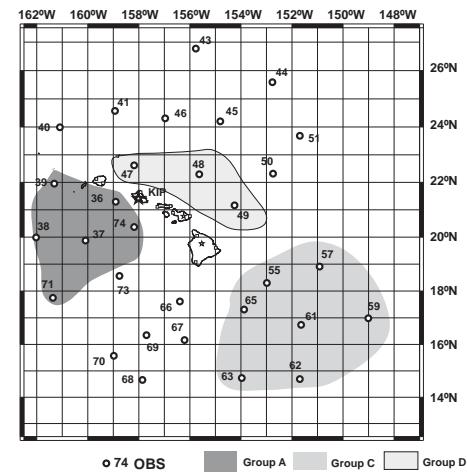


Figure 7: Significant seismic signal (in raw counts) at the PLUME seismometers during the passage of 2006 Hurricane Ioke, sorted into three groups by the general structure of the signal. Similar to significant wave height in oceanography, the significant seismic signal was determined by calculating the standard deviation in 1-h-long windows. Vertical bars mark the times at which Ioke reached category 4 and 5 (twice) and when it brushed Wake Island on 31 August.

comparison with the DPG records may give additional insight after re-calibrating the DPGs.

## PLUME PIs

The PLUME principal investigators included myself and John Orcutt (SIO, UC San Diego), Cecily Wolfe (U. Hawaii at Manoa), John Collins and Robert Detrick (WHOI), Sean Solomon and Erik Hauri (CIW), and David Bercovici (U. Yale).

## References

- BIJWAARD, H., SPAKMAN, W. & ENGDAHL, E.R. (1998): Closing the gap between regional and global travel time tomography. – *J. Geophys. Res.*, **103**: 30,055-30,078.
- BOHRSON, W.A. (2011): Insight into subvolcanic magma plumbing systems. – *Geology*, **35**: 767-768.
- COLLINS, J.A., VERNON, F.L. & STEPHEN, R.A. (2002): Upper mantle structure beneath the Hawaiian swell: Constraints from the ocean seismic network pilot experiment. – *Geophys. Res. Lett.*, **29**: doi: 10.1029/2001GL013302.
- Cox, C., T. DEATON & WEBB, S. (1984): A deep-sea differential pressure gauge. – *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **1**: 237-346.
- Cox, R.T. (1999): Hawaiian volcanic propagation and Hawaiian swell asymmetry: evidence of northwestward flow of the deep upper mantle. – *Tectonophys.*, **310**: 69-79.
- DETTRICK, R.S. & CROUGH, S.T. (1978): Island subsidence, hot spots, and lithospheric thinning. – *J. Geophys. Res.*, **83**: 1236-1244.
- ELLSWORTH, W.L., & KOYANAGI, R.Y. (1977): Three-dimensional crust and mantle structure of Kilauea Volcano, Hawaii. – *J. Geophys. Res.*, **82**: 5379-5394.
- FREY, F.A. & CLAGUE, D.A. (1983): Geochemistry of diverse basalt types from Loihi Seamount, Hawaii: petrogenetic implications. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **66**: 337-355.
- FOULGER, G.R. (2002): Plumes, or plate tectonic processes? – *Astron. Geophys.*, **43**: 6.19-6.23, doi:10.1046/j.1468-4004.2002.43619.x34.
- HAHM, D., CASTILLO, P.R. & HILTON, D.R. (2009): A deep mantle source for high  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ocean island basalts (OIB) inferred from Pacific near-ridge seamount lavas. – *Geophys. Res. Lett.*, **36**: L20316, doi: 10.1029/2009GL040560.
- HARRIS, R.N. & McNUTT, M.K. (2007): Heat flow on hot spot swells: Evidence for fluid flow. – *J. Geophys. Res.*, **112**: B03407, doi:10.1029/2006JB004299.
- HILTON, D.R., McMURTRY, G.M. & KREULEN, R. (1997): Evidence for extensive degassing of the Hawaiian mantle plume from helium-carbon relationships at Kilauea volcano. – *Geophys. Res. Lett.*, **24**: 3065-3068.
- HOFMANN, A.W. (1997): Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. – *Nature*, **385**: 219-229.
- IHINGER, P.D. (1995): Mantle flow beneath the Pacific plate: evidence from seamount segments in the Hawaiian-Emperor chain. – *Am. J. Science*, **295**: 1035-1057.
- JORDAN, T.H. (1979): Mineralogies, densities, and seismic velocities of garnet lherzolites and their geophysical implications. – in: *The Mantle Sample: Inclusions in Kimberlites and Other Volcanics*, eds. Boyd, F.R. & Meyer, H.O.A., **Vol. 2**, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1-14.
- KARATO, S. (1993): Importance of anelasticity in the interpretation of seismic tomography. – *Geophys. Res. Lett.*, **20**: 1623-1626.

- KATZMAN, R., ZHAO, L. & JORDAN, T.H. (1998): High-resolution, two-dimensional vertical tomography of the central Pacific mantle using ScS reverberations and frequency-dependent travel times. – *J. Geophys. Res.*, **103**: 17,933-17,971.
- LASKE, G., PHIPPS MORGAN, J. & ORCUTT, J.A. (2007): The Hawaiian SWELL pilot experiment - Evidence for lithosphere rejuvenation from ocean bottom surface wave data. – In: *Plates, Plumes and Planetary Processes*, eds. Foulger, G.R. & Jurdy, D.M., Special Paper 430, Geological Society of America, Boulder, Colo., 209-233.
- LASKE, G., COLLINS, J.A., WOLFE, C.J., SOLOMON, S.C., DETRICK, R.S., ORCUTT, J.A., BERCOVICI, D. & HAURI, E.H. (2009): Probing the Hawaiian hot spot with new broadband ocean bottom instruments. – *EOS Trans. Am. Geophys. Un.*, **90**: 362-363.
- LASKE, G., MARKEE, A., ORCUTT, J.A., WOLFE, C.J., COLLINS, J.A., SOLOMON, S.C., DETRICK, R.S., BERCOVICI, D. & HAURI, E.H. (2011): Asymmetric shallow mantle structure beneath the Hawaiian swell - Evidence from Rayleigh waves recorded by the PLUME network. – *Geophys. J. Int.*, in revision.
- LI, X., KIND, R., PRIESTLEY, K., SOBOLEV, S.V., TILMANN, F., YUAN, X. & WEBER, M. (2000): Mapping the Hawaiian plume with converted seismic waves. – *Nature*, **405**: 938-941.
- LI, X., KIND, R., YUAN, X., WÖLBERN, I. & HANKA, W. (2004): Rejuvenation of the lithosphere by the Hawaiian plume. – *Nature*, **427**: 827-829.
- MAUPIN, V. (1992): Modelling of laterally trapped surface waves with application to Rayleigh waves in the Hawaiian swell. – *Geophys. J. Int.*, **110**: 553-570.
- MONTELLI, R., NOLET, G., DAHLEN, F.A., MASTERS, G., ENGDAHL, E.R. & HUNG, S.-H. (2004): Finite-frequency tomography reveals a variety of plumes in the mantle. – *Science*, **303**: 338-343, doi: 10.1126/science.1092485.
- MOORE, W.B., SCHUBERT, G. & TACKLEY, P. (1998): Three-dimensional simulations of plume-lithosphere interaction at the Hawaiian Swell. – *Geophys. Res. Lett.*, **279**: 1008-1011.
- MORGAN, W.J. (1971): Convection plumes in the lower mantle. – *Nature*, **230**: 42-43.
- NISHIMURA, C.E. & FORSYTH, D.W. (1989): The anisotropic structure of the upper mantle in the Pacific. – *Geophys. J.*, **96**: 203-229.
- OKUBO, P.G., BENZ, H.M. & CHOUET, B.A. (1997): Imaging the crustal magma sources beneath Mauna Loa and Kilauea volcanoes, Hawaii. – *Geology*, **25**: 867-870.
- PRIESTLEY, K. & TILMANN, F. (1999): Shear-wave structure of the lithosphere above the Hawaiian hot spot from two-station Rayleigh wave phase velocity measurements. – *Geophys. Res. Lett.*, **26**: 1493-1496.
- RIBE, N.M. & CHRISTENSEN, U.R. (1994): Three-dimensional modeling of plume-lithosphere interaction. – *J. Geophys. Res.*, **99**: 669-682.
- RICHARDS, M.A. & GRIFFITHS, R.W. (1988): Deflection of plumes by mantle shear flow: experimental results and a simple theory. – *Geophys. J.*, **94**: 367-376.
- SHEN, Y., WOLFE, C.J. & SOLOMON, S.C. (2003): Seismological evidence for a mid-mantle discontinuity beneath Hawaii and Iceland. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **214**: 143-151.
- SOBOLEV, A.V., HOFMANN, A.W., SOBOLEV, S.V. & NIKOGOSIAN, I.K. (2005): An olivine-free mantle source of Hawaiian shield basalts. – *Nature*, **434**: 590-597.
- STAUDIGEL, H., ZINDLER, A., HART, S.R., LESLIE, T., CHEN, C.-Y. & CLAGUE, D. (1984): The isotope systematics of a juvenile intraplate volcano: Pb, Nd, and Sr isotope ratios of basalts from Loihi Seamount, Hawaii. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **69**: 13-29.

- TILMANN, F.J., BENZ, H.M., PRIESTLEY, K.F. & OKUBO, P.G. (2001): P-wave velocity structure of the uppermost mantle beneath Hawaii from traveltome tomography. – *Geophys. J. Int.*, **146**: 594-606.
- TURCOTTE, D.L. & OXBURGH, E.R. (1973): Mid-plate tectonics. – *Nature*, **244**: 337-399.
- VON HERZEN, R.P., DETRICK, R.S., CROUGH, S.T., EPP, D. & FEHN, U. (1982): Thermal origin of the Hawaiian Swell: heat flow evidence and thermal models. – *J. Geophys. Res.*, **87**: 6711-6723.
- VON HERZEN, R.P., CORDERY, M.J., DETRICK, R.S. & FANG, C. (1989): Heat flow and the thermal origin of hot spot swells: The Hawaiian Swell revisited. – *J. Geophys. Res.*, **94**: 13,783-13,799.
- WATTS, A.B. (1976): Gravity and bathymetry in the central Pacific Ocean. – *J. Geophys. Res.*, **81**: 1533-1553.
- WEBB, S.C. (1998): Broadband Seismology and Noise Under the Ocean. – *Rev. Geophys.*, **+36(1)**: 105-142.
- WILSON, J.T. (1963): A possible origin of the Hawaiian Islands. – *Can. J. Phys.*, **41**: 863-868.
- WÖLBERN, I., JACOB, A.W.B., BLAKE, T.A., KIND, R., LI, X., YUAN, X., DUENNEBIER, F. & WEBER, M. (2006): Deep origin of the Hawaiian tilted plume conduit derived from receiver functions. – *Geophys. J. Int.*, **166**: 767-781.
- WOLFE, C.J., SOLOMON, S.C., SILVER, P.G., VAN DECAR, J.C. & RUSSO, R.M. (2002): Inversion of body-wave delay times for mantle structure beneath the Hawaiian Islands: results from the PELENET experiment. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **198**: 129–145, doi:10.1016/S0012-821X(02)00493-4.
- WOLFE, C.J., SOLOMON, S.C., LASKE, G., COLLINS, J.A., DETRICK, R.S., ORCUTT, J.A., BERCOVICI, D. & HAURI, E.H. (2009): Mantle shear-wave velocity structure beneath the Hawaiian hotspot. – *Science* **326**: 1388-1390, doi:10.1126/science.1180165.
- WOODS, M.T., LEVEQUE, J.-J., OKAL, E.A. & CARA, M. (1991): Two-station measurements of Rayleigh wave group velocity along the Hawaiian Swell. – *Geophys. Res. Lett.*, **18**: 105-108.
- WOODS, M.T. & OKAL, E.A. (1996): Rayleigh-wave dispersion along the Hawaiian Swell: a test of lithospheric thinning by thermal rejuvenation at a hotspot. – *Geophys. J. Int.*, **125**: 325-339.

# Landslide dynamics via SDEM/SPH

Andreas S. Eisermann & Manfred Joswig, Stuttgart

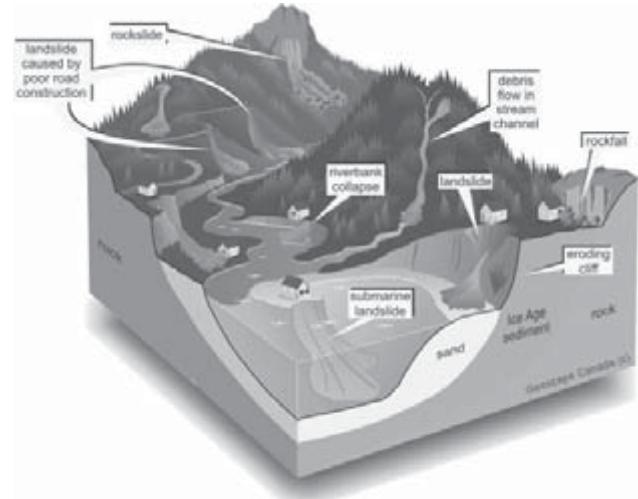
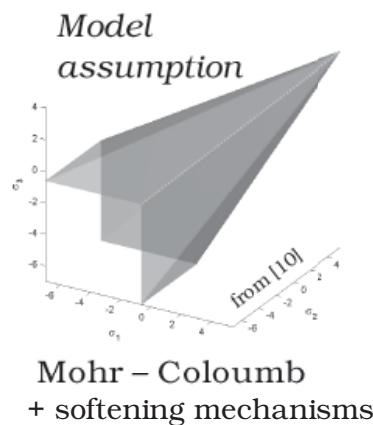
## Landslide modeling

Landslides are geological phenomena that include a wide range of ground movements as deep slope failures or debris-and mudflows. Gravity is the primary driving force for the slide dynamics, but mechanisms as heavy rainfalls or snowmelts trigger the actual slide by producing overburdens and destabilizations by effects like increased pore water pressure and change of material properties.

Especially debris-and mudflows, but also the pre-failure hillslope dynamics are strongly dependent on the present moisture saturation. In different seasons, but also simultaneously at different parts of the slope, one will find different dynamic regimes that govern the slopes kinematic. In moisture saturated areas the motion will follow rather plastic flows while in less saturated areas clouds of individual brittle failure processes create what is usually thought of as continuous creep [7].

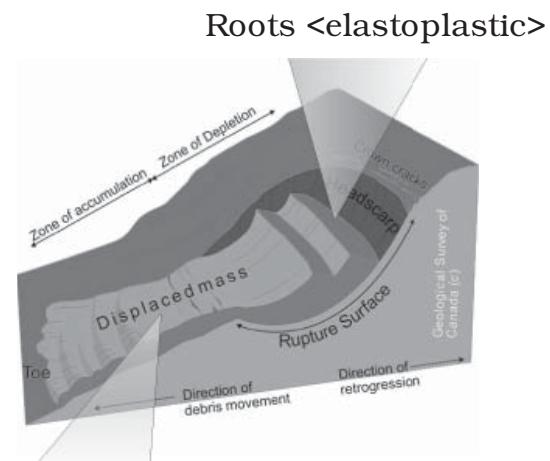
Modelling these effects for different boundary conditions allows studying the processes which are responsible for the slopes destabilization until failure. To model post failure dynamics and thereby obtain an estimate of the hazards extent, also predicting the correct shear zones on which the body will slide is an important prerequisite.

Therefore as base model SDEM was chosen that uses a macroscopic parametrization and



suits well for shear zone formation that follows the soil behavior observed in nature. As discrete numerical method it provides a computationally straightforward scheme for simulating the complex and highly nonlinear behaviour of granular rocks and soils. The common basis for describing the macromechanical dynamics of these cohesive-frictional materials is the Mohr-Coulomb constitutive model [1].

For modeling the interaction between soilmatrix and water flows SPH was implemented. This allows the whole model to be kept meshfree, which is advantageous for modeling the large deformations and dislocations that develop after failure.



Soils  
Sand <Cohesive – frictional>  
Rock

## Stressbased Discrete Element Method (SDEM)

$$K_a \varepsilon_a^{ii} = K_a \int_0^t \dot{\varepsilon}_a^{ii}(\tilde{t}) d\tilde{t} = K_a \sum_b w_b(x_a)$$

$$\sigma^{ij} = P \delta^{ij} + s^{ij}$$

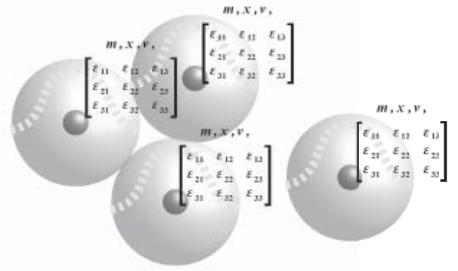
A particle's stress state can be obtained from the relative velocities of the neighboring particles.

$$\dot{s}^{ij} = 2 \mu (\dot{\varepsilon}^{ij} - \frac{1}{3} \delta^{ij} \dot{\varepsilon}^{kk}) + s^{ik} \Omega^{jk} + \Omega^{ik} s^{kj}$$

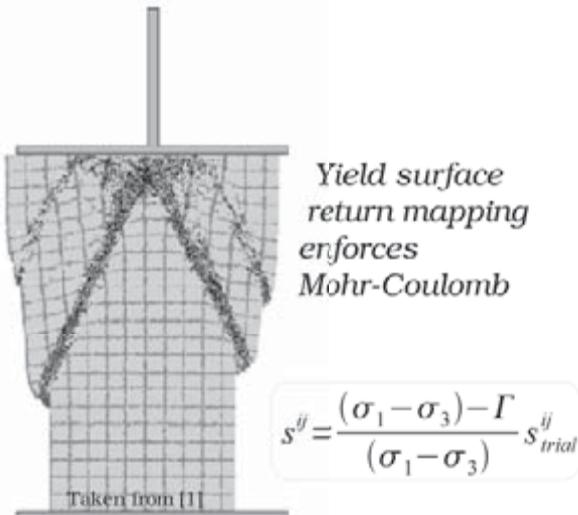
$$\dot{\varepsilon}_a^{ij} = \frac{1}{2} (\nabla v_a^{ij} + \nabla v_a^{ji})$$

$$\nabla v_a^{ij} = \sum_b \nabla w_b^i(x_a) \tilde{v}_{ab}^j$$

$$\tilde{\Psi}(x_a) = \sum_{b=1}^N \Phi_b(x_a) \Psi(x_b)$$



SDEM combines the techniques of DEM and SPH. It is formulated using a macroscopic parameterization, lending itself well for structural geomodeling for which the MohrCoulomb constitutive relation is the underlying model assumption. The consistency between microscopic and macroscopic parameters allows for modeling realistically unforced formation and growth of faults and shear zones, with orientations as predicted by the MohrCoulomb theory and in agreement with general observations.



*Macroscopic parametrization:*  
Angle of internal friction, Cohesion

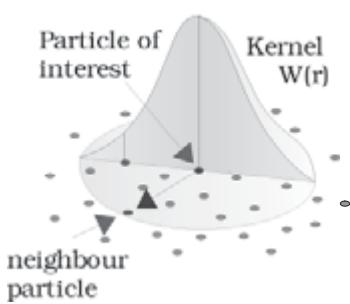
$$I = (\sigma_1 - \sigma_3) - \sin(\Phi)(\sigma_1 + \sigma_3) - 2C \cos(\Phi)$$

$$F_a^i = m_a g^i + \sum_b f_{ab}^i$$

$$f_{ab}^i = - \int_S T_{ab}^i dS = - A(l_{ab}) \bar{T}_{ab}^i$$

$$f_{ab}^i = - \frac{1}{2} (A(R_a) \sigma_a^{ij} + A(R_b) \sigma_b^{ij}) n_{ab}^j$$

By measuring the virtual deformation of spherical elastic particles this formulation introduces strain rate and stress tensors at the particle level. Strain rates are obtained by adopting interpolation techniques from meshless continuum methods like smoothed particle hydrodynamics, while preserving the discrete kinematic of DEM. The contact force,  $f_{ab}$ , is calculated from the traction exerted on the contact surface by the internal stress state of the contacting particles.



$$\langle A(r) \rangle = \int_{Space} A(r') W(r-r', h) dr'$$

$$= \sum_{j=1}^N A(r_j) W(r-r_j, h) (dV)_j = \sum_{j=1}^N m_j \frac{A_j}{\rho_j} W(r-r_j, h)$$

The value of every variable  $a$  at a given location can be approximated by a sum over its neighbour values folded with the smoothing kernel

$$P = P_0 \left[ \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - 1 \right]$$

$$\frac{d \rho_i}{dt} = \sum_j m_j \mathbf{v}_{ij} W_{ij}$$

$$\begin{aligned} \frac{d \mathbf{v}_i}{dt} = & - \sum_j m_j \left( \frac{P_i}{\rho_i^2} + \frac{P_j}{\rho_j^2} \right) \nabla_i W_{ij} \\ & + \sum_j \frac{m_j (\mu_i + \mu_j)}{\rho_i \rho_j} \left( \frac{1}{|r_{ij}|} \frac{\partial W_{ij}}{\partial r_i} \right) \mathbf{v}_{ij} \\ & + \mathbf{F}_i \end{aligned}$$

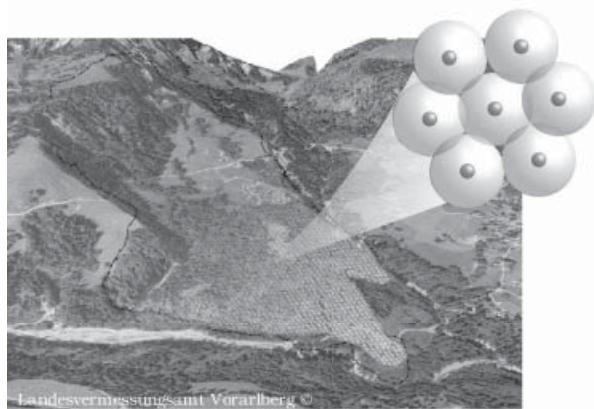
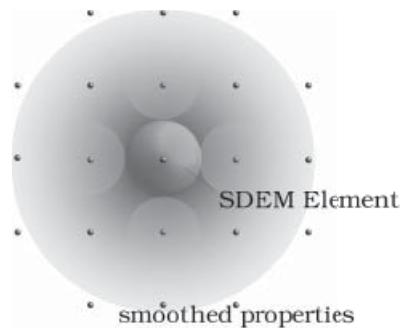
Navier-Stokes equations in SPH formalism

Recently much applied for fluid dynamics and material modeling. The fluid equations are solved for a set of moving interpolant points which follow the fluid motion, whereby in being described Lagrangian, decouple spatial and temporal evolution. Each of the fluid variables is expressed as an integral interpolant using a smoothing function. The integral is approximated by a summation over the neighboring points, whereby the Navier-Stokes equation transforms into a simple set of equations.

## Combined SDEM SPH

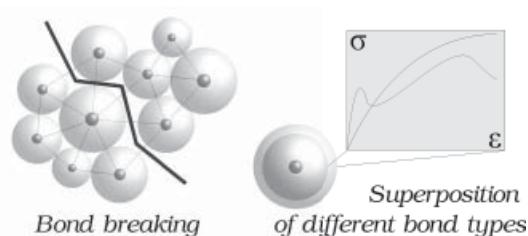
Adopting the SPH formalism to SDEM elements allows for modeling various effects as e.g. heat conduction by diffusion.

$$\text{Diffusion} \quad \frac{\partial A_i}{\partial t} \Rightarrow c \nabla^2 A = c \sum_j m_j \frac{A_j - A_i}{\rho_j} \nabla^2 W(\mathbf{r}_{ij}, h)$$

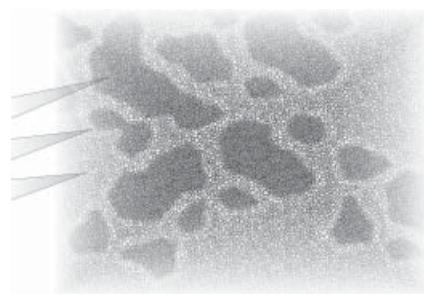


## Model discretization

SDEM as SPH are meshless techniques. The object is being approximated by an assembly of individual particles which collectively reproduce the macroscopic properties of the material. Macroparticles are formed by additional potentials between the particles and allow for modeling soil matrix' inhomogeneities.

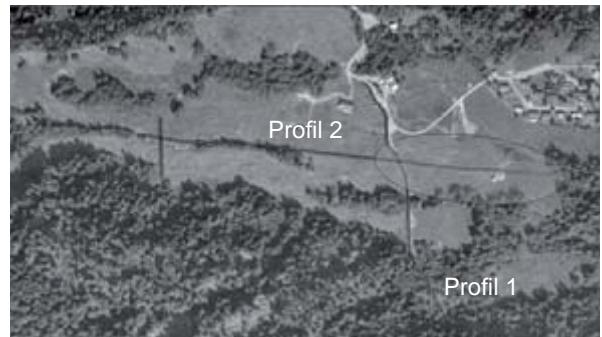


Macro particles  
Interface layer  
matrix

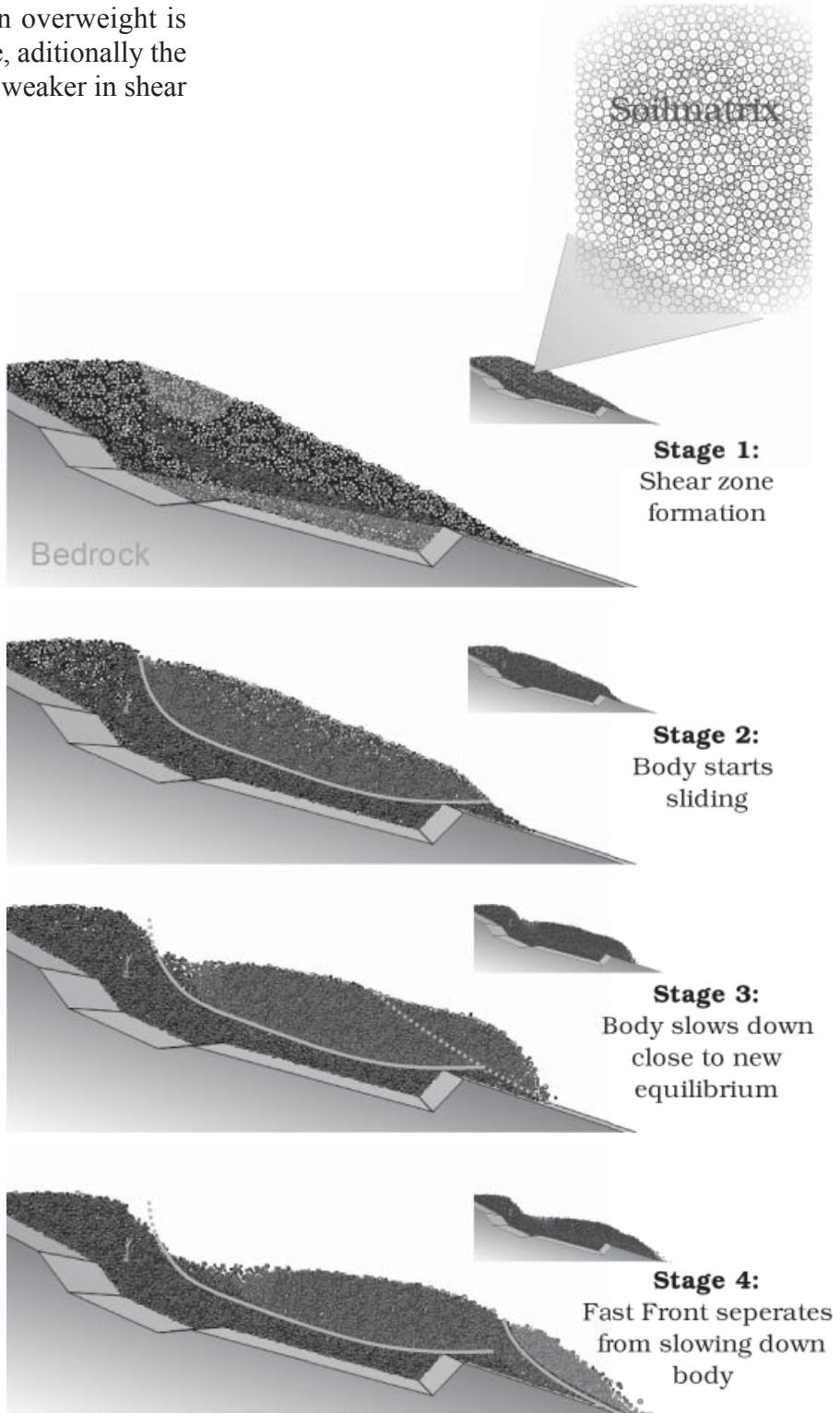


## First Results

As initial testbed a possible scenario at eastern Heumoes slope was chosen: Refraction seismic profiles revealed a trough structure at the eastern part of the profile which explains the observed surface velocity characteristics. For testing a strongly idealized two layer configuration was chosen, whereby the lower is less shear resistant being water saturated. The model was prepared with two regions of increased humidity (blue zones) to induce instability. An overweight is established at the slopes surface, additionally the material in the trough becomes weaker in shear resistance.



In Stage 1 the shear zone starts to form from the bottom right to the top left. The body starts to slide in a single rotational slump (Stage 2). Thereby the material to the right is lifted relatively to the sliding body and becomes unstable (Stage 3). Finally, when the main body slows down near its new equilibrium configuration the fast front separates due to its instability which is mainly caused by the higher porosity (less shear strength) due to the motion, and is driven by the higher potential energy it now contains due to its higher position relative to the main body.

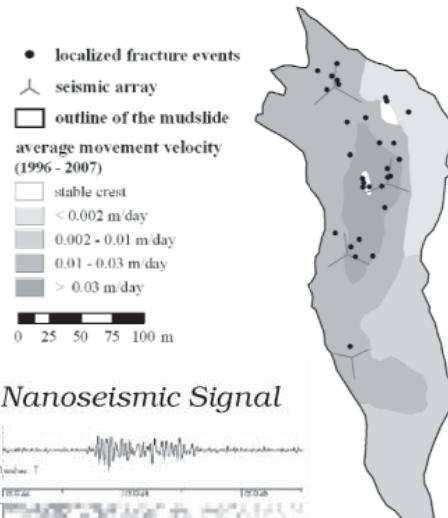


## Field Data

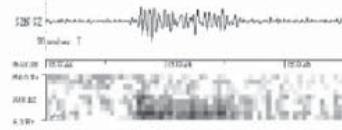
Modeling succeeds by implementation of real-world information. For landslide modeling, topography, geological structure parameters, vegetation, and humidity flow paths obtained by various hydrological and geophysical techniques are important data. In addition two new sources of data are introduced and used for model generation and verification:

### NanoSeismicity

Nanoseismic Monitoring (NM) acts as seismic microscope, and can resolve the ‘creep continuum’ of pending landslides into a series of discrete fracture processes. NM utilizes array processing, spectral analysis, and outlyer-resistant statistics to resolve fracture down to ML –3.0 [3]. Landslide fracture episodes in the



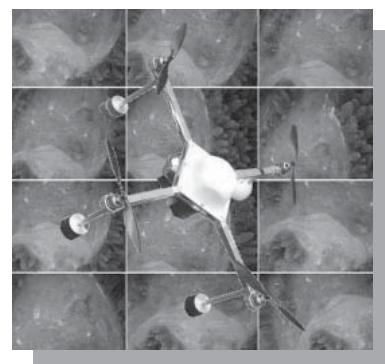
### Nanoseismic Signal



sliding sedimentary layers were found to depend on water saturation, bedrock topography, and external trigger of even minor earthquakes [7,8].

### UAV imaging

High-resolution Remote Sensing by Unmanned Areal Vehicles (UAV-RS) provides surface mapping of sub-centimeter resolution for photogrammetric and morphoemtric analysis of strain, mass transport, and fissure structures. Most important, time lapse recording provides the surface’s deformation and displacement rates.



UAV-RS combines remote-controlled quadcopter drones with multi-spectral imaging [5]. At Super-Sauze, France, it provided detailed analysis of strain rates and fissure patterns that unveil the interaction between bedrock and sliding volume like for glaciers [6]. Further it allowed the observance of the slope’s response to heavy rainfall events. Combined with the mapping of fracture signals resolved by NM, one

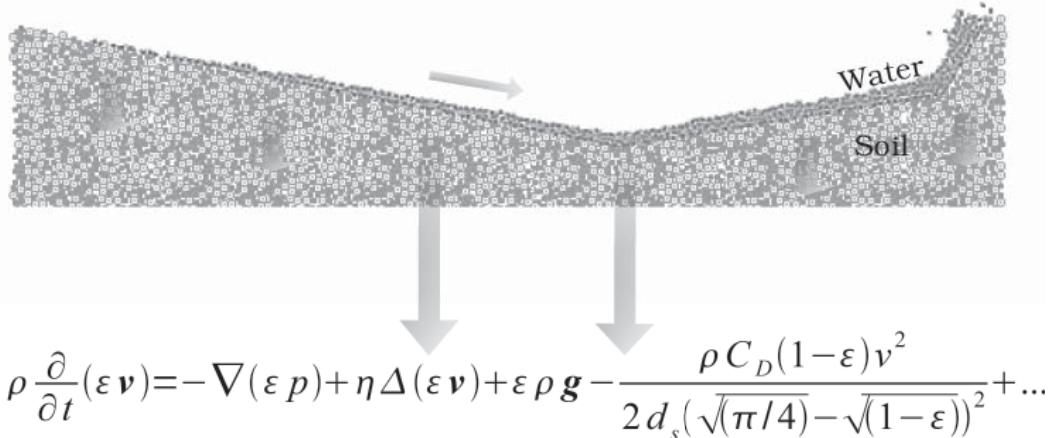
gets a joint interpretation of subsurface dynamics [8,9]. Both techniques were developed at the Institute of Geophysics, Stuttgart University, and are being applied to both investigated landslides -Heumös (Vorarlberg, Austria), and Super-Sauze (French Alps).

## Outlook

In the early stage the solid-fluid interaction was limited to be non-penetrating. This allowed for modeling macroscopic effects as surface flows but prohibited the macroscopic description of pore water, since fluid particles would have to be a order of magnitude smaller than the solid particles, filling the porosity created by the ele-

ment matrix. For a macroscopic description the porosity must rather be one of the SDEM attributes that can be approximated according to the SPH formalism and therefore is independent of the matrix porosity. Therefore the volume averaged Navier-Stokes equations with drag-and interaction forces are implemented.

This allows to model seepage processes and most important to describe a destabilization which is produced by increasing pore water pressure. Further, parameter sets for several registered slope materials, especially the surface layer, need to be acquired and corresponding benchmark tests to be performed, whereby special focus lays on the moisture saturation dependency.



volume averaged Navier – Stokes equations incl. interaction forces for pore water modeling [11]

## Sources

- [1] Egholm D. (2007a): A new strategy for discrete element numerical models: 1. Theory, *J. Geophys. Res.*, 112, B05203, doi:10.1029/2006JB004557
- [2] Egholm D. et al. (2007b): A new strategy for discrete element numerical models: 2. Sandbox applications, *J. Geophys. Res.*, 112, B05204, doi:10.1029/2006JB004558.
- [3] Joswig, M. (2008): Nanoseismic monitoring fills the gap between microseismic networks and passive seismic. *First Break*, 26(6), 121-128.
- [4] Keefer, D. K. (2002): Investigating landslides caused by earthquakes -a historical review, *Surveys in Geophysics*, 23, 473–510.
- [5] Niethammer, U., Rothmund S. & Joswig M. (2009a): UAV-based remote sensing of the slow moving land slide Super Sauze in France', proceedings Conference 'Landslide Processes: from geomorphologic mapping to dynamic modelling', Strasbourg, eds. Mallet, J.-P. & Boogard, T.

- [6] Niethammer U., James M. R., Rothmund S., Traveletti J. & Joswig M. (2009b): Very high spatial resolution monitoring of the Super-Sauze landslide with an UAV-based remote sensing technique, *Engineer. Geol.* (in review).
- [7] Walter, M. & Joswig, M. (2008): Seismic monitoring of fracture processes generated by a creeping landslide in the Vorarlberg Alps; *First Break* 26(6), 131-135.
- [8] Walter, M. & Joswig, M. (2009a): Seismic monitoring of rockfalls, subsurface fracture processes, and superficial fissure development at the Super-Sauze, French Alps, mudslide, *Engineer. Geol.* (in review).
- [9] Walter, M., Niethammer, U., Rothmund, S. & Joswig., M. (2009b): Joint analysis of the Super-Sauze (French Alps) mudslide by nanoseismic monitoring and UAV-based remote sensing, *First Break*, 27(8), 75-82.
- [10] Wikipedia contributors, “Mohr-Coulomb theory,” Wikipedia, The Free Encyclopedia, [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mohr%20%93Coulomb\\_theory&oldid=380568298](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mohr%20%93Coulomb_theory&oldid=380568298) (accessed September 16, 2010).
- [11] Hoffmann, Marc R. (2002): Application of a simple space-time averaged porous media model for flow in densely vegetated channels, *Proceedings of APM2002 1st International Conference on Applications of Porous Media*, June 2-8, 2002, Jerba, Tunisia.

# Multigeophysikalische Prospektion am Burgwall Lossow

**Ronald Freibothe<sup>1,2</sup>, Burkart Ullrich<sup>1,3</sup>, Ines Beilke-Voigt<sup>4</sup>, Georg Kaufmann<sup>1</sup>  
& Reinhard Kirsch<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, Fachrichtung Geophysik, Malteserstr. 74-100, Haus D, 12249 Berlin

<sup>2</sup> Technische Universität Berlin, Fakultät VI, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Fachbereich Angewandte Geophysik, Ackerstr. 71-76, 13355 Berlin

<sup>3</sup> eastern atlas Geophysikalische Prospektion, Berliner Straße 69, 13189 Berlin

<sup>4</sup> Humboldt-Universität Berlin, Institut für Geschichtswissenschaften, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin

<sup>5</sup> Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

## Zusammenfassung

Im Rahmen des von der DFG geförderten Exzellenz-Clusters 264 Topoi (The Formation and Transformation of Space and Knowledge in Ancient Civilizations) wurden am archäologischen Fundplatz Lossow Messungen mit dem Pulsinduktions-Metallendetektor EMD1 durchgeführt.

In einem multigeophysikalischen Ansatz wurden diese Ergebnisse mit denen anderer geophysikalischer Verfahren (Geomagnetik, Georadar) aus früheren Kampagnen zusammengeführt. Durch die kombinierte Auswertung werden die physikalischen Parameter der einzelnen Verfahren in Zusammenhang gebracht. Zur graphischen Vereinigung der Ergebnisse werden zwei Ansätze verfolgt. Zum einen werden binäre Daten erzeugt und addiert und zum anderen erfolgt die Kombination durch die Addition von normierten kontinuierlichen Daten.

Der Vergleich zwischen den Ergebnissen des EMD1 und denen der Magnetik ermöglicht die Unterscheidung zwischen magnetisierbaren und nicht magnetisierbaren Objekten. Für die archäologische Prospektion ist das ein großer Mehrgewinn, da eine weitergehende Interpretation der Anomalien im Magnetogramm möglich wird.

## 1. Einleitung

Die Ortschaft Lossow befindet sich im Norden von Brandenburg südlich von Frankfurt Oder an der Grenze zu Polen. Die Burgwallanlage liegt ca. 1,5 km östlich von Lossow, direkt am Ufer der Oder.

Der Burgwall Lossow wird in der Literatur als eines der wichtigsten Bodendenkmäler in Brandenburg mit überregionaler Bedeutung bezeichnet. Es handelt sich um eine befestigte Anlage, die in der Bronze- und Eisenzeit (12. Jhd. vor Christus) sowie im Frühmittelalter besiedelt war (BEILKE-VOIGT 2010).

Im achten bis sechsten Jahrhundert vor Christus, in der frühen Eisenzeit, entwickelte sich der Ort zu einem sakralen Zentrum, in dem Kult- und Opferhandlungen abgehalten wurden. Belegt wird das durch über 60 lokalisierte Opferschächte, in denen menschliche und tierische Skelette gefunden wurden. Die Schächte weisen einen Durchmesser von ca. 1 m auf und erstrecken sich bis in 8 m Tiefe. Es wird vermutet, dass an dem Standort rituelle Opferungen stattgefunden haben und dass sich über 200 dieser ringförmigen Schachtanlagen auf der Innenfläche des Burgwalls befinden.

Um einen detaillierten Eindruck über die Messlokation zu geben, ist in Abb. 1 das Luftbild mit Blick aus nordwestlicher Richtung dargestellt.



Abb. 1: Luftbild des Burgwalls Lossow aus nordwestlicher Richtung (Foto: Burkart Ullrich, eastern atlas)

Der Burgwall weist eine noch erhaltene Höhe von 4-6 m auf und umfasst eine Fläche von ca. 240 m Länge und 200 m Breite.

Die Geologie von Lossow und der Umgebung ist eiszeitlich überprägt. Im Bereich des Burgwalls liegen saale- und weichsel-eiszeitliche Schichten von geringer Mächtigkeit auf einem 30-80 m mächtigen Geschiebemergelhorizont.

Durch geophysikalische Messungen sollen am Fundplatz zusammenhängende Abbildungen der im Boden befindlichen archäologischen Strukturen gewonnen werden. Im Vordergrund der Untersuchungen steht die Lokalisierung der Opferschäfte.

## 2. Geophysikalische Prospektion und Ergebnisse

Für die flächenhafte Erkundung des Fundplatzes wurden bereits Geomagnetik und Georadar eingesetzt. Die Ergebnisse und die Interpretation sind ULLRICH (2010) entnommen.

### 2.1 Geomagnetik

Die Messungen wurden mit einem fahrbaren GPS-gestützten Geomagnetiksystem der Firma eastern atlas mit fünf Fluxgate-Gradiometersonden durchgeführt, wobei der Gradient

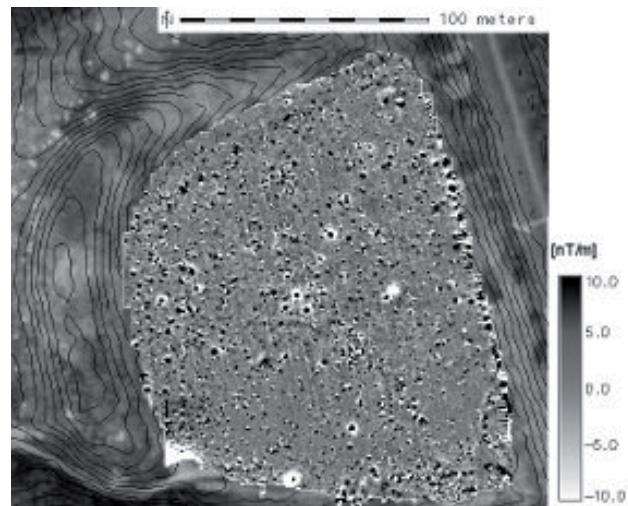


Abb. 2: Ergebnis der Geomagnetik am Burgwall Lossow nach ULLRICH (2010). Die hohe Befunddichte führt zu zahlreichen magnetischen Anomalien.

der Z-Komponente des Erdmagnetfeldes aufgezeichnet wurde. Der Sondenabstand betrug 0,5 m. Die Ergebnisse der Geomagnetik sind zusammen mit dem Luftbild in Abb. 2 dargestellt.

Das Luftbild zeigt den Burgwall mit dem Zugangsweg im Südwesten und den Verlauf der Bahnschienen im Osten. Das Magnetogramm umfasst eine Fläche von ca. 1,5 ha und weist eine Vielzahl von Anomalien unterschiedlicher Größe und Amplitude auf. Es ist deutlich zu erkennen, dass es sich um einen Fundort mit einer sehr großen Befunddichte handelt. Die starken, scharf begrenzten positiven Anomalien im Zentrum (schwarz) mit negativem Rand (weiß) wurden als nah unter der Erdoberfläche liegende Feuerstellen interpretiert, die große Anzahl positiver Anomalien unterschiedlicher Ausdehnung als Gruben mit Anreicherungen eisenhaltiger Minerale (Magnetit und Maghemit). Dabei könnte es sich möglicherweise um Hausbefunde, aber auch um Schäfte mit zusammenhängenden Bodeneingriffen bei der Erstellung der Schachtköpfe handeln. Der Dipolcharakter ist besonders bei hohen Anteilen ferromagnetischer Minerale, wie z.B. bei Schlacken mit Eisenoxiden oder thermoremanenten Bestandteilen ausgeprägt. Es wird vermutet, dass die vielen kleinen Dipolanomalien von neuzeitlichen Objekten, wie z.B. Metallschrott, Ziegelbruch und Keramik verursacht werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Interpretation aufgrund der Vielzahl der Anomalien schwierig ist.

Im Südosten sind Teile eines slawischen Burgwalls als bogenförmige magnetische Anomalie zu erkennen. Die kleine Anhöhe, auf der sich der Wall befand, wurde durch die Bahntrassenerweiterung und Überackerung zerstört. Im Norden deutet sich der Verlauf des vorgelegerten Grabens an, der mit Sedimenten und Keramik verfüllt ist. Dieser hat eine Breite von ca. 8-12 m und konnte auch im Westen über eine Bohrung und geoelektrische Messungen nachgewiesen werden.

## 2.2 Georadar

Neben der Geomagnetik wurden auf der Innenfläche des Burgwalls Georadar-Messungen durchgeführt. Zum Einsatz kam die 270-MHz-Antenne von GSSI unter Verwendung des „Utility Carts“ bei einem Profilabstand von 0,5 m. Die Bodenverhältnisse und besonders der Geschiebemergel schränken die Aussagekraft des Verfahrens deutlich ein. Die hohe elektrische Leitfähigkeit des Mergels führt zu einer starken Dämpfung des Signals. Dennoch konnten einige Bereiche erhöhter Reflektivität aufgenommen werden, wie beispielsweise in der südwestlichen Ecke in der Nähe der Zufahrt (siehe Abb. 3).

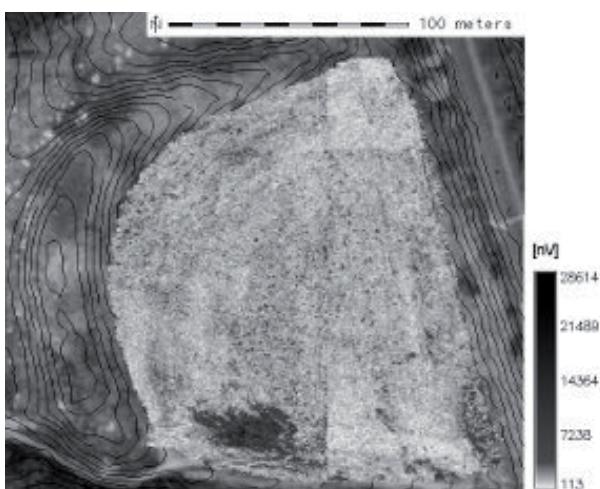


Abb. 3: Ergebnis der Georadarmessung mit „timeslices“ bei 22-24 ns TWT nach ULLRICH (2010).

Es handelt sich hierbei um Aufschüttungen der Fahrwegbefestigung. Im Osten zeichnet sich, ähnlich wie in der Magnetik, die Konstruktion des slawischen Burgwalls ab. Weiterhin treten zahlreiche Bereiche erhöhter Reflektivität in großer Anzahl auf, die wahrscheinlich durch

die archäologischen Befunde verursacht werden. Diese sind ein weiterer Hinweis auf die hohe Befunddichte am Fundplatz Lossow.

## 2.3 EMD1

Zusätzlich zur Geomagnetik und zum Georadar kam in Lossow der Pulsinduktions-Metallendetektor EMD1 der Firma Sensys zum Einsatz. Das Messsystem wird analog zu den Geräten der Transienten-Elektromagnetik eingesetzt.

Das EMD 1 besteht aus zwei übereinander angeordneten Spulenebenen (Coincident loop), die an einem Rahmen befestigt sind (siehe Abb. 4). An dem Rahmen sind zwei Räder und eine Deichsel angebracht, an der sich der Datenlogger und das Odometer zur Messung der Profillänge befinden. Die Sendespule mit einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> liegt in der unteren Ebene. In beiden Ebenen sind jeweils drei Empfängerspulen mit 0,16 m<sup>2</sup> Spulenfläche vorhanden.

In der unteren Sendespule wird durch einen pulsartigen Gleichstrom ein zeitlich veränderliches Primärfeld erzeugt. Durch jeden Puls baut sich in der Sendespule ein Magnetfeld auf, das sofort zusammenbricht und Wirbelströme in leitfähige Strukturen des Untergrundes induziert, wodurch ein Sekundärfeld erzeugt wird. Das Sekundärfeld bricht bedingt durch die Ohmschen Verluste zusammen. Das zeitliche exponentielle Abklingen des korrespondierenden Magnetfeldes wird an der Oberfläche in den Empfangsspulen gemessen.

Anstatt den gesamten zeitlichen Verlauf des abklingenden Feldes zu messen, wird nur der für die Metalldetektion wesentliche Ausschnitt des transienten Signals aufgezeichnet.

Nach dem Abschalten des Sendestromes werden in den Empfangsspulen die Amplituden der Induktionsspannung zu einer frühen und zu einer späteren Zeitspanne gemessen. Die Spannungswerte werden über die jeweilige Länge der Zeitfenster integriert. Der integrale Wert der Induktionsspannung wird für beide Spulenebenen zu beiden Zeitspannen bestimmt und die Differenz aus unterer und oberer Spulenebene im Datenlogger aufgezeichnet.



Abb. 4: Puls-Induktions-Metallendetektor EMD1 (Hersteller: Sensys) in der Seitenansicht (Foto: Ronald Freibothe)

Die gemessenen Daten werden in farbkodierten Karten flächenhaft dargestellt. Jeder Differenz der Induktionsspannung wird ein Farbwert zugeordnet. Für die flächenhafte Darstellung wird zwischen den Profilen bilinear interpoliert.

In Abb. 5 ist das Ergebnis der EMD1-Messung für das erste Zeitfenster dargestellt.

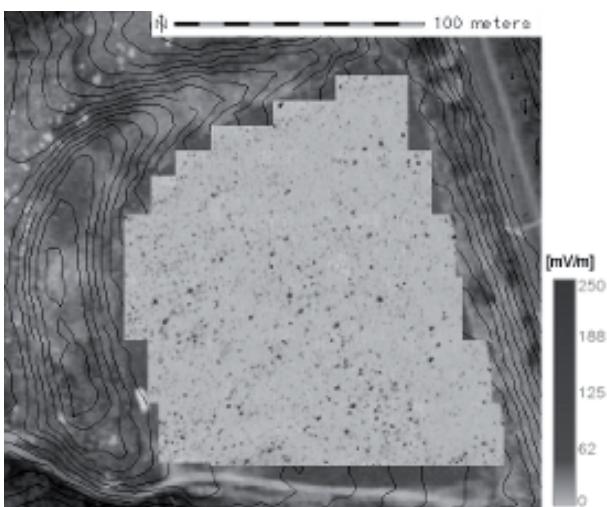


Abb. 5: Ergebnis der EMD1-Messung aus FREIBOTHE (2011)

Ähnlich wie bei den Ergebnissen der Magnetik zeigt sich eine Vielzahl von Anomalien unterschiedlicher Größe und Amplitude. Die Anomalien weisen eine sehr ähnliche räumliche Signatur und starke Korrelation zu den Magnetik-Daten auf. Besonders deutlich ist das bei den hohen Amplituden von einigen 100 mV/m. Diese korrelieren besonders mit den

starken Dipol anomalien in dem Magnetogramm. Besonders deutlich werden auch hier die hohe Dichte und die große Anzahl der archäologischen Befunde innerhalb des Burgwalls.

### 3. Kombination der Verfahren

Jedes geophysikalische Verfahren hängt von speziellen physikalischen Parametern ab. Die Kombination der aufgenommenen Datensätze der verschiedenen geophysikalischen Methoden führt nach KVAMME (2006) zur Erweiterung des Verständnisses komplexer physikalischer Eigenschaften des Untergrundes und der archäologischen Befunde.

Wenn ein Material in den Ergebnissen zwischen zwei oder mehreren Verfahren zu Konkordanzen führt, ist das eine zusätzliche Information über die Charakteristik (DOGAN & PAPAMARINOPOLIS 2006).

Grundlage für die Verknüpfung bildet die Methodik von KVAMME (2006), die in den folgenden Abschnitten vorgestellt wird. Die Daten müssen vor der weiteren Bearbeitung vorprozessiert werden. Durch „despiking“ werden Ausreißer entfernt. Im Anschluss werden die Daten durch ein Resampling auf ein einheitliches Gitter projiziert.

#### 3.1 Summe der normierten Daten

Die Daten der einzelnen Verfahren weisen verschiedene Skalen, Wertebereiche und Signalformen auf. Durch eine Normierung mit Hilfe von Mittelwert und Standardabweichung können die Karten auf vergleichbare Wertebereiche gebracht werden.

Die Kombination erfolgt durch Addition der einzelnen normierten Karten. Resultat ist eine Darstellung, die Informationen von allen angewendeten Verfahren enthält (siehe Abb. 6). Robuste Anomalien, die mit allen Methoden detektiert werden, erscheinen deutlicher und werden hervorgehoben.

Die Amplituden in Abb. 6 steigen mit dunkler werdenden Farben an. Die dunklen Bereiche re-

präsentieren somit die Anomalien, die in allen Ergebnissen dominant auftreten. Die modernen Aufschüttungen im Süden sind deutlich zu erkennen. Nördlich davon im Zentrum der Fläche treten punktuelle Anomalien auf.

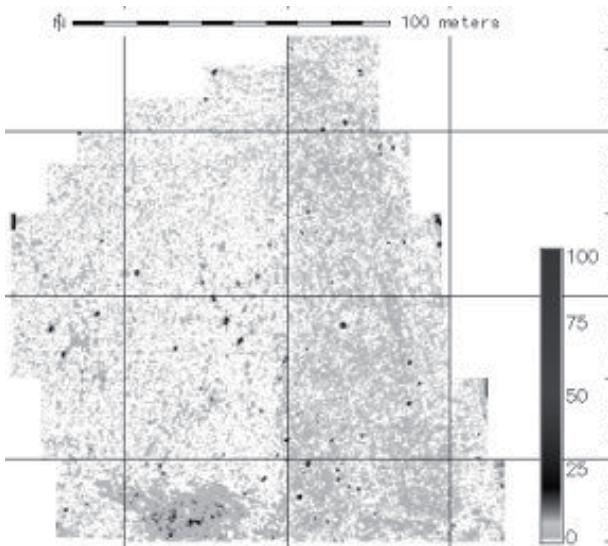


Abb. 6: Darstellung der Summe der normierten Daten aus FREIBOTHE (2011).

Nachteil dieser Methode ist, dass nicht ersichtlich wird, welche Anomalie durch welches Verfahren detektiert wurde. Deshalb wurde eine weitere Methode der Daten-Kombination angewendet.

### 3.2 Summe der Binärkarten

Bei der Generierung von Binärdaten aus Messdaten wird ein Schwellenwert festgelegt, ab dem alle Amplituden auf Eins gesetzt werden. Die Werte unterhalb dieses Wertes werden auf Null gesetzt. Resultat ist eine Karte, die nur noch zwischen Anomalie und Nicht-Anomalie unterscheidet. Dadurch werden komplexe Karten, die schwierig zu interpretieren sind, auf eine einfache Darstellung reduziert, indem die für die Interpretation irrelevanten Bereiche ausgeblendet und relevante Anteile hervorgehoben werden. Die Festlegung der Schwellenwerte erfordert ein hohes Maß an Erfahrung und ist subjektiv. Durch das Verändern der Schwellenwerte wird eine Vielzahl von Binärkarten erzeugt. Diese werden mit der Originalkarte verglichen, um zu beurteilen, ob die relevanten Informationen enthalten sind. Der Schwellenwert wurde anfangs

im Bereich der Standardabweichung gewählt und anschließend variiert.

Die Summe mehrerer Binärkarten gibt Auskunft darüber, wann ein Objekt von einem, von keinem oder von allen Verfahren angezeigt wird. Die Ergebnisse sind ein Maß dafür, wie unterschiedlich die einzelnen Verfahren sind und repräsentieren parallel die verschiedenen Eigenschaften der Objekte und ihrer Umgebung. Am Beispiel der Kombination zwischen Magnetik und Pulsinduktions-Metalldetektor geschieht das wie folgt: Ab einem bestimmten Schwellenwert werden die magnetischen Anomalien auf Eins und die Anomalien des EMD1 auf Zwei gesetzt. Bei der Summation der beiden ergibt sich daraus eine Karte mit vier Klassen. Eins repräsentiert die magnetischen Anomalien, zwei die elektromagnetischen Anomalien des EMD1, drei die Anomalien, die durch beide Verfahren angezeigt werden. Die Bereiche, die von keinem Verfahren angezeigt werden, entsprechen dem Wert Null und bilden die vierte Klasse.

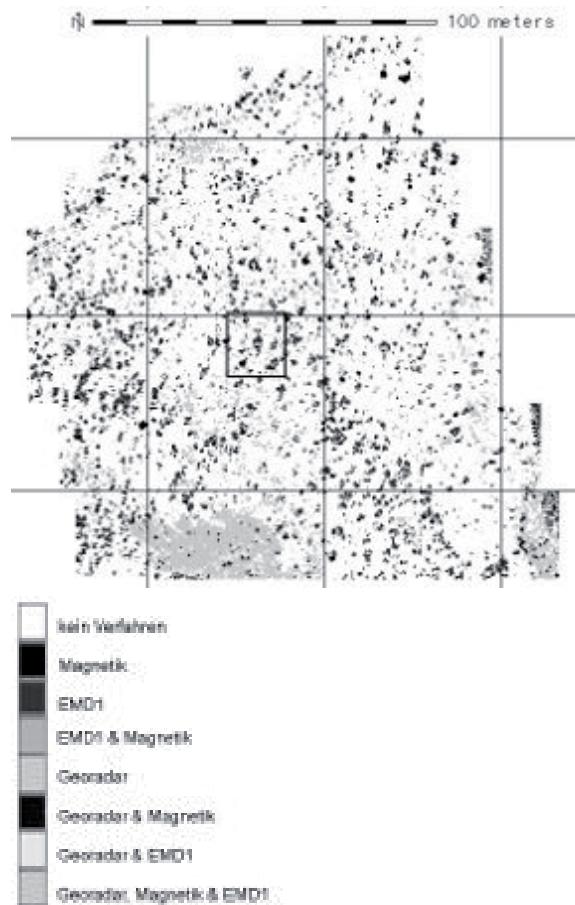


Abb. 7: Binärsummenkarte aus Magnetik, Georadar und EMD1.

In der kombinierten Binär-Darstellung der Lossow-Daten (Abb. 7) zeigt sich eine deutliche Korrelation zwischen den Ergebnissen des Metalldetektors EMD1 und denen der Magnetik. Der Großteil der Anomalien des EMD1 findet sich im Magnetogramm wieder und umgekehrt.

Die in den anderen Verfahren interpretierten Strukturen wie der slawische Burgwall im Südosten, der aufgeschüttete Bereich entlang des Weges im Südwesten und die zahlreichen Gruben sind in einer Darstellung vereint.

#### 4. Interpretation

Da die Beschreibung und Interpretation für eine derart große Fläche schwierig ist, wurde anhand der Summe der normierten Karten (Abb. 6) und der kombinierten Binärdarstellung ein interessanter Bereich ausgewählt (schwarzer Rahmen in Abb. 7) und in Abb. 8 vergrößert dargestellt. Die markierte Fläche ist ca. 20 m breit und 25 m lang. Zusätzlich sind das Magnetogramm und die Ergebnisse des EMD1 in diesem Bereich abgebildet.

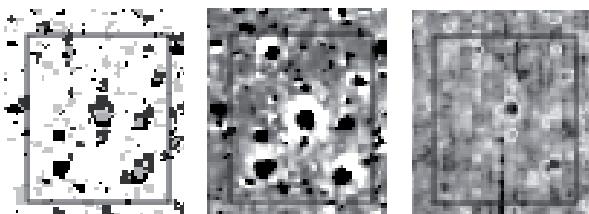


Abb. 8: Vergrößerte Darstellung der ausgewählten Fläche zur Gegenüberstellung der Ergebnisse von Binärsumme (links), Magnetogramm (Mitte) und EMD1 (rechts).

Es zeichnen sich in der Summendarstellung deutlich vier größere Anomalien in hellgrau ab. Diese Objekte werden also von der Magnetik und dem EMD1 detektiert. Es müsste sich daher um ferromagnetische und leitfähige Materialien wie z.B. Eisen handeln. Laut den Aussagen der Archäologen liegen in den Befunden nur sehr wenige metallische Objekte vor. Ein für die archäologische Untersuchung wichtiger Bereich ist unterhalb der Kulturschicht, wo sich die in den natürlichen Untergrund (Geschiebemergel) eingetiefsten Opferschächte befinden. In der Kulturschicht befinden sich auch Gruben mit

Verhüttungsrückständen aus der slawischen Zeit. Diese sind mit eisenhaltigen Mineralen, wie Magnetit und Maghemit angereichert und werden von beiden Verfahren angezeigt. Bei den Anomalien könnte es sich auch um Störkörper handeln, die sich in der Humusaufklage befinden, wie beispielsweise Schrott- und Eisenteile. Messungen ehrenamtlicher Helfer mit handgeführten Metalldetektoren haben jedoch nur zu vereinzelten Funden geführt. Allerdings ist die Eindringtiefe von Pulsinduktions-Metalldetektoren deutlich größer.

In der Kulturschicht müssen somit metallische Objekte vorliegen, die mit dem EMD1 erfasst wurden. Durch die kombinierte Auswertung wird eine Differenzierung der magnetischen Anomalien ermöglicht.

Die genaue Überführung der physikalischen Parameter in archäologische Befundgruppen ist nur mit Zusatzinformationen über die Objekte möglich. An der umrahmten Fläche wurden weitere Untersuchungen durchgeführt. Mit Hilfe der kombinierten Binärdarstellung lassen sich aufgrund der Unterscheidbarkeit schnell neue Verdachtsflächen definieren.

#### Schlussfolgerung

Eisenobjekte bewirken im Magnetogramm aufgrund der hohen magnetischen Permeabilität starke Anomalien. Sie erzeugen außerdem hohe Werte im Ergebnis des EMD1 durch ihre elektrische Leitfähigkeit.

Edle Metalle, wie beispielsweise Gold, Kupfer oder Bronze, sind elektrisch leitfähig, haben aber eine geringe magnetische Permeabilität. Somit werden sie nur vom Metalldetektor detektiert und es ist im Magnetogramm eine Unterscheidung zwischen Eisen- und Nicht-Eisenmetallen möglich.

Der remanente Anteil der Magnetisierung wird in der archäologischen Prospektion besonders durch gebrannten Ton, Holzbefunde und Gruben dominiert. Diese Objekte können wegen ihrer geringen Leitfähigkeit nicht mit dem EMD1 detektiert werden.

Dabei ist die unterschiedliche Tiefenreichweite der Verfahren zu beachten. Im Magnetogramm sind beispielsweise deutlich tiefere Objekte detektiert als in den Ergebnissen des EMD1.

Die Anomalien, die in beiden Verfahren auftreten, weisen eine hohe Leitfähigkeit und eine messbare Magnetisierung auf, was eine Unterscheidung zwischen magnetisierbaren und nicht magnetisierbaren Metallobjekten möglich macht und als großer Mehrwert für die archäologische Interpretation anzusehen ist.

Die Kombination der Daten ist an subjektive Entscheidungen geknüpft und erfordert viel Erfahrung in der archäologischen Interpretation. Die Wahl der Parameter sowie die damit verbundenen Schlussfolgerungen erfordern Zusatzinformationen über die archäologische Situation.

Durch das Vergleichbarmachen der Daten gehen Informationen, wie beispielsweise die quantitativen Werte der Amplitude, verloren. Die Interpretation der kombinierten Karten muss somit immer im Zusammenhang mit den Originaldaten erfolgen. Die gezeigte kombinierte Auswertung kann die gezielte Einzelinterpretation nicht ersetzen. Es wird lediglich eine Zusatzinformation erzeugt, die die weitere Interpretierbarkeit entscheidend verbessern kann.

## Literatur

BEILKE-VOIGT, I. (2010): Lossow – alte Forschungen und neue Projekte, Materialien zur Archäologie in Brandenburg, Band 4. – Beilke-Voigt & Schopper (Hrsg.): Lossower Forschungen, Band 1, Rahden/Westfalen.

DOGAN, M. & PAPAMARINOPOLIS, S. (2006): Exploration of the Hellenistic Fortification Complex at Asea using a Multigeophysical Prospection Approach. – Archaeological Prospecting, 13: 1-9.

FREIBOTHE, R. (2011): Archäologische Erkundung mit dem Metalldetektor EMD1: Vergleichende Fallstudien im Rahmen des TOPOI-Exzellenz-Clusters. – Diplomarbeit, Technische Universität Berlin [nicht veröffentlicht].

KVAMME, K. (2006): Integrating multidimensional geophysical data. – Archaeological Prospecting, 13: 52-72.

ULLRICH, B. (2010): Erste Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen am Burgwall. – In: Beilke-Voigt, Lossow – alte Forschungen und neue Projekte, Materialien zur Archäologie in Brandenburg, Band 4: 91-98; Beilke-Voigt & Schopper (Hrsg.) Rahden/Westfalen.

# Quo Vadis Deutsche Raumfahrt?

**Prof. Dr.-Ing. Johann Dietrich Wörner, Vorsitzender des Vorstandes Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt**

Wir stehen heute einer Reihe globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Ressourcenverknappung, Energie, Mobilität, Kommunikation, demografischer Entwicklung, Konflikten, Katastrophen und Gesundheit gegenüber. Die Forschung ist aufgefordert, Beiträge zur Bewältigung der anstehenden Fragen und Probleme zu leisten. Neben den ganz konkreten Fragestellungen dürfen wir aber auch nicht den stärksten Treiber der Entwicklung der Menschheit vergessen: die Neugier.

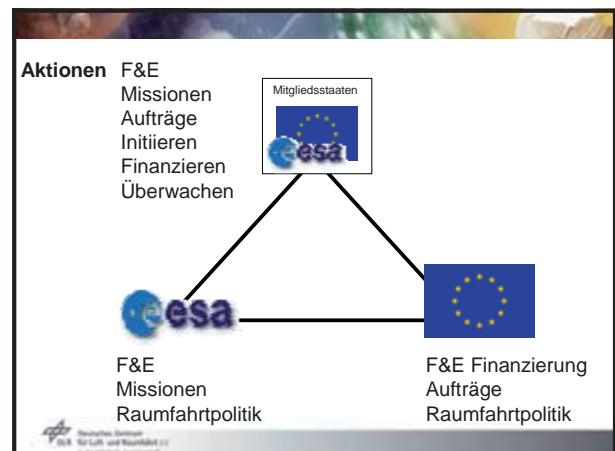
Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist sich seiner Verantwortung in diesem Zusammenhang bewusst und ist bemüht, seine Kompetenzen als Forschungszentrum, als nationale Raumfahrtagentur und als Projektträger zur Lösung einzubringen.

Basierend auf dem Koalitionsvertrag hat die Bundesregierung Ende 2010 eine Raumfahrtstrategie verabschiedet, die die Schwerpunkte und Ziele der nationalen Raumfahrtaktivitäten für die nächsten Jahre definiert: Sie orientiert sich an den globalen Herausforderungen, definiert Leitlinien wie Orientierung am Nutzen und Bedarf, Orientierung am Prinzip der Nachhaltigkeit, Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit und verweist auf die Umsetzung durch das DLR. In diesem Zusammenhang gilt es, ein nationales Raum-

fahrtprogramm zu formulieren und die verschiedenen Aktivitäten zu integrieren. Der Begriff Nutzen schließt ausdrücklich auch die wissenschaftlichen Aktivitäten ein und soll einen Kontrast zu prestigeorientierten Missionen ausdrücken.

Ein besonderer Schwerpunkt der Raumfahrtpolitik wird die Konstruktion einer effizienten und effektiven Struktur in Europa sein. Den verschiedenen öffentlichen Akteuren (ESA, EU und Mitgliedsstaaten) müssen klare Aufgaben und Verantwortlichkeiten zugeordnet werden. Die Europäische Weltraumorganisation ESA kann auf eine sehr erfolgreiche Tätigkeit als Agentur verweisen und sollte diese Funktion auch für die Europäische Union/Kommission spielen. Die EU-Kommission hat die Aufgabe übernommen, Galileo und GMES zum Erfolg zu führen. Nicht nur wegen der erforderlichen finanziellen Mittel, sondern auch wegen der organisatorischen Erfordernisse steht die Erfüllung dieser Aufgabe an oberster Stelle. Das Zusammenspiel der verschiedenen Akteure bedarf keiner neuen Machtstrukturen, sondern proaktiven Handelns!

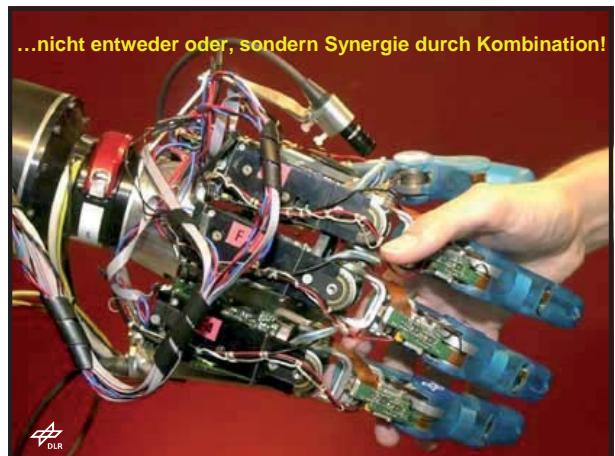
Raumfahrt umfasst heute sehr viele Gebiete und ist aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken: Navigation, Kommunikation und Wetter- bzw. Klimabeobachtungen sind wertvolle Hilfen für die Gesellschaft. Gerade

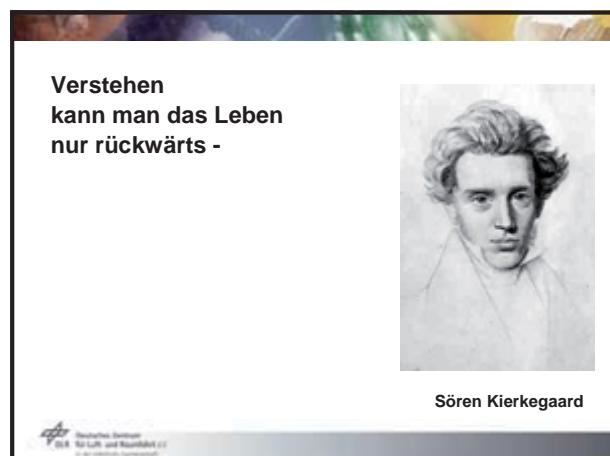
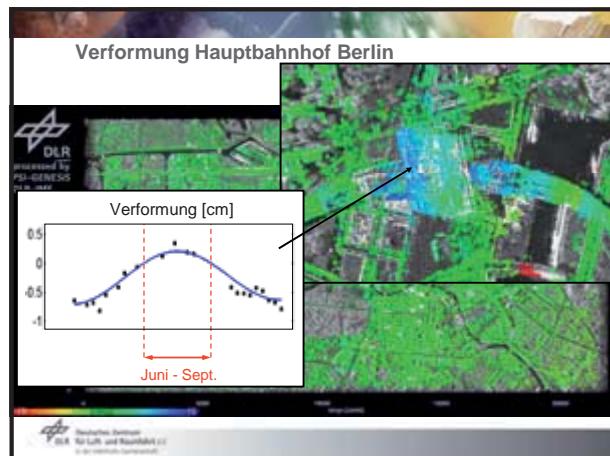
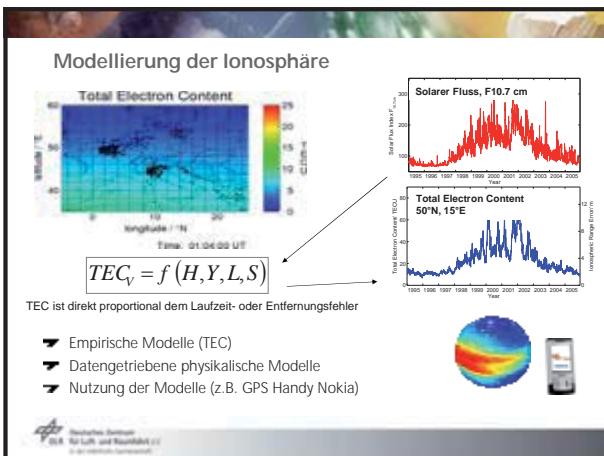
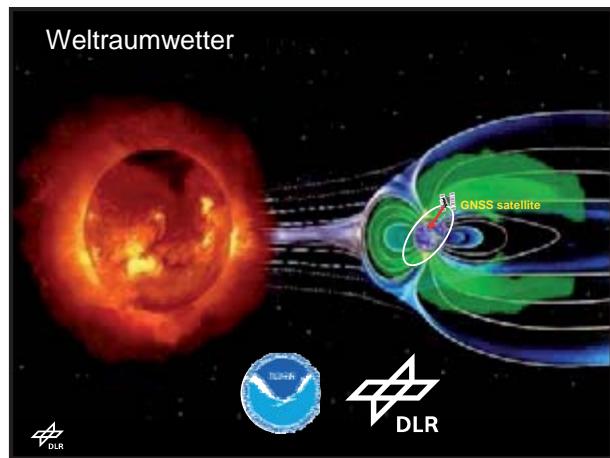


auch bei Katastrophen hat sich der Einsatz der Erdbeobachtung zur Unterstützung der Hilfsmannschaften bewährt. An dieser Stelle sollen aber auch der Wert der Grundlagenforschung zur Verbesserung des Verständnisses über das Universum und viele andere mit der Raumfahrt behandelbare Themen erneut genannt werden.

Der ehemalige US-Präsident Ronald Reagan hat anlässlich eines Besuchs des Johnson Space Centers in Houston, Texas am 22. September 1988 ausgeführt: „...The truth is, our space program doesn't invest in machines; it invests in people. And you don't only launch rockets, you launch dreams...“

Dem ist nichts hinzuzufügen.





# NACHRICHTEN AUS DER GESELLSCHAFT

## Protokoll der Mitgliederversammlung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) am 23. Februar 2011 in Köln

Der Präsident der DGG, Herr Prof. Dr. Yaramanci, begrüßt die Teilnehmerinnen und Teilnehmer und eröffnet die Mitgliederversammlung.

### **TOP 1: Begrüßung, Feststellung der fristgerechten Einberufung und der Beschlussfähigkeit**

Herr Yaramanci stellt fest, dass zur Mitgliederversammlung fristgerecht eingeladen worden ist. Die Beschlussfähigkeit ist satzungsgemäß gegeben, da mehr als 40 Mitglieder anwesend sind.

### **TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung**

Die vorgelegte Tagesordnung wird ohne Änderungen von der Versammlung genehmigt.

### **TOP 3: Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung vom 17. März 2010 in Bochum**

Das Protokoll wird ohne Änderungen angenommen.

### **TOP 4: Bericht des Präsidenten**

#### **Internes**

Herr Yaramanci bittet die Anwesenden, zunächst der DGG-Mitglieder zu gedenken, die seit der Mitgliederversammlung 2010 verstorben sind:

<b>Name</b>	<b>verstorben am</b>	<b>im Alter von</b>
Prof. Dr. Uwe Casten, Bochum	31. Okt. 2010	66 Jahren
Träger der Emil-Wiechert-Medaille 1978		
Prof. Dr. Leon Knopoff, Kalifornien	20. Jan. 2011	85 Jahren

Die Anwesenden erheben sich zum Gedenken an die Verstorbenen zu einer Schweigeminute.

Herr Yaramanci beglückwünscht die Mitglieder mit besonders langer Mitgliedschaft:

Seit 60 Jahren Mitglied der DGG ist:  
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Seit 55 Jahren Mitglied der DGG sind:  
Prof. Dr. Gerhard Dohr  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Prof. Dr. Manfred Siebert

Hannover

Göttingen

Seit 50 Jahren Mitglied der DGG sind:  
Prof. Dr. Hans Burkhardt  
Dr. Rudolf Eyfrig  
Prof. Dr. Klaus Helbig  
Dr. Roland Vees

Berlin  
Göttingen  
Hannover  
Missen-Wilhams

Seit 45 Jahren Mitglied sind:

Dr. Kurt Bram  
Dr. Manfred Degutsch  
Prof. Dr. Mohamed M.A. El-Awady  
Dipl.-Geophys. Kurt Grubbe  
Universität Hamburg  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Peter Kardevan  
Prof. Dr. Rainer Kind  
Prof. Dr. Hermann Mälzer  
Prof. Dr. Heinz Miller  
Dr. Kurt Peters  
Dr. Hans Albert Roeser  
Dr. Günter Scheliga  
Prof. Dr. Dr. Andreas Vogel  
Prof. Dr. Franz Weber  
Prof. Dr. Jochen Zschau

Isernhagen  
Altenberg  
Tanta / Ägypten  
München

Budapest / Ungarn  
Potsdam  
Karlsruhe  
Bremerhaven  
Freiberg im Breisgau  
Hannover  
Brunnthal  
Berlin  
Leoben / Österreich  
Potsdam

Seit 40 Jahren Mitglied sind:

Prof. Dr. Ulrich Bleil  
Prof. Dr. Seweryn J. Duda  
Prof. Dr. Hans-Jürgen Götze  
Freie Universität Berlin  
K + S Aktiengesellschaft  
Dipl.-Geophys. Olaf Lettau  
Prof. Dr. Roland Marschall  
Dr. rer. nat. Dieter Mayer-Rosa  
Prof. Dr. Dietrich Ristow  
Prof. Dr. Horst Rüter  
Dr. Harald Stümpel

Bremen  
Sarstedt bei Hannover  
Kiel

Kassel  
Laaften  
Hannover  
Zürich / Schweiz  
Hannover  
Dortmund  
Kiel

Des Weiteren spricht er denjenigen Mitgliedern der DGG die herzlichsten Glückwünsche aus, die im Verlauf des Jahres 2011 einen „runden“ Geburtstag begehen:

100 Jahre alt wird:

Herr Dr. Rudolf Eyfrig Gottenheim

85 Jahre alt wurde/werden:

Herr Prof. em. Dr. Hans Berckhemer Königstein  
Herr Prof. Dr. Joachim Homilius Burgwedel  
Herr Prof. Dr. Gerhard Dohr Hannover  
Herr Prof. Dr. Franz Weber Leoben / Österreich

80 Jahre alt werden:

Herr Dr. Roland Vees Missen-Wilhams  
Herr Prof. Dr. Ulf Amelung Scharnebeck  
Herr Gerhard Hildebrand Burgdorf  
Herr Dipl.-Geophys. Claus Behnke Celle  
Herr Dr. László Szabadváry Budapest / Ungarn  
Herr Dr. Günther Bull Berlin  
Herr Dr.-Ing. Hans A.K. Edelmann Hannover  
Herr Prof. Dr. Wilfried Weigel Buchholz in der Nordheide

Herr Dr. Jürgen Klüßmann  
Herr Dr. Siegfried Plaumann

Hamburg  
Burgwedel

75 Jahre alt wurden/werden:

Herr Dr. Hans Voelker  
Herr Dr. Wilhelm Losecke  
Herr Dr. Peter Spitta  
Herr Prof. Dr. Ehrhard Raschke  
Herr Dr. rer. nat. Dieter Mayer-Rosa  
Herr Prof. Dr. Fritz Rummel  
Herr Dipl.-Geophys. Peter Röwer  
Herr Dr. Claus Prodehl  
Herr Dr. Horst Neunhöfer  
Frau Dipl.-Geophys. Martina Harnisch  
Herr Prof. em. Dr. Heinrich Soffel  
Herr Dr. Manfred Koenig  
Herr Prof. Dr. Wolfgang Jacoby  
Herr Dr. Klaus Trippler  
Herr Prof. Dr. Peter Brosche

Göttingen  
Hannover  
Göttingen  
Scheeßel  
Zürich / Schweiz  
Bochum  
Berlin  
Pfinztal  
Jena-Lobeda  
Nuthetal  
Gauting  
Burgdorf  
Mainz  
Celle  
Daun

70 Jahre alt wurden/werden:

Herr Dr. Bernd Tittel  
Herr Dr. Klaus Knödel  
Herr Dipl.-Geophys. Günter Schulz  
Herr Prof. Dr. Peter Steinhauser  
Herr Dr. Thomas Damboldt  
Herr Dr. Klaus Buckup  
Herr Prof. Dr. Uwe Walzer  
Herr Dr. Bernd D. Schmeling  
Herr Thirumandas N. Gowd  
Herr Prof. Dr. Jürgen Willebrand

Hartha  
Celle  
Otterndorf  
Wien / Österreich  
Darmstadt  
Magdeburg  
Jena  
Remagen  
Hyderabad / Indien  
Kiel

Herr Yaramanci berichtet, dass der Vorstand seit der letzten Mitgliederversammlung dreimal getagt hat, am 18. März 2010 in Bochum sowie am 10. September 2010 und am 22. Februar 2011 in Köln. Das Präsidium tagte am 11. Juni 2010 in Grubenhagen und am 9. Dezember 2010 in Berlin.

Herr Yaramanci macht auf ein Highlight für die Geophysik aufmerksam. Das Bundesministerium der Finanzen (BMF) hat entschieden, zum 150. Geburtstag von Emil Wiechert eine Sonderbriefmarke der Deutschen Bundespost herauszugeben. Das Erscheinen ist für den 10. November 2011 vorgesehen. Der starke Einsatz der DGG und die breite Unterstützung bis hin zur EGU waren somit erfolgreich.

Herr Yaramanci berichtet von der zweitägigen Klausursitzung, die am 10. und 11. Juni 2010 in Grubenhagen unter Beteiligung von 13 Kollegen aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie stattfand. Das auf der Sitzung erarbeitete Positionspapier stellt eine Bestandsaufnahme zum Berufsbild des Geophysikers und Bedarf in der Geophysik dar und gibt Hinweise zur Ausrichtung von Studiengängen. Allgemeiner Eindruck war, dass die Reform der geowissenschaftlichen Studiengänge die Geophysik qualitativ geschwächt hat. Nach dem Verständnis der Klausurteilnehmer ist eine grundständige Geophysik mit entsprechender mathematischer und physikalischer Ausbildung unverzichtbar. Am 1. Oktober 2010 ist diesbezüglich eine Presseerklärung publik gemacht

worden, auf die es eine zurückhaltende Resonanz gab.

Herr Yaramanci betont, dass bei der Arbeit des Vorstandes die Jahrestagung immer im Fokus steht. Die Vorbereitungen zur diesjährigen Tagung haben wieder gut geklappt und sie selbst ist wieder sehr schön geworden. Er dankt der Tagungsleitung hierfür, insbesondere stellvertretend Herrn Saur und Herrn Tezkan.

Für die kommende Jahrestagung 2012 in Hamburg laufen die Vorbereitungen. Termin ist der 5. bis 8. März 2012. 2013 wird unsere Tagung im selben Zeitfenster stattfinden. Austragungsort wird Leipzig sein. Für 2014 ist geplant, die Tagung in Karlsruhe abzuhalten.

## Externes

### **Mintrop-Nachlass:**

Die imposante Holzkiste mit wissenschaftlichem Material aus dem Nachlass von Ludger Mintrop ist durch Herrn Jacobs von der Wiechertschen Erdbebenwarte Göttingen nach Leipzig in unser DGG-Archiv überführt worden. Ein Bericht hierzu und zu dem Nachlass selbst findet sich in den RB (Roten Blättern). Mit den Erben wird ein rechtlich verbindlicher Vertrag angestrebt, um eine nachhaltige Aufbewahrung für das auch historisch bedeutende Material zu gewährleisten.

### **Wählen zu DFG-Fachkollegien 2011:**

Herr Yaramanci informiert, dass die DGG das Vorschlagsrecht hat, Kandidaten für die Wahlen zu den DFG-Fachkollegien Ende 2011 zu benennen. DGG-Vorstand und FKPE haben Vorschläge gesammelt und hieraus eine gemeinsame Kandidatenliste erstellt.

Derzeit gibt es für die Geophysik drei Sitze und für die Geodäsie / Photogrammetrie einen. Zukünftig wird die Anzahl der Sitze für beide Fächer paritätisch geteilt, womit nur noch zwei Vorgeschlagene für das Fachkollegium Geophysik gewählt werden. Die vorgeschlagenen Kandidaten sind: Andreas Hördt, Frank

Scherbaum, Harro Schmeling, Klaus Spitzer und Heinrich Villinger. Die Vorschläge wurden seitens der DFG angenommen.

### **DGG / EAGE-Workshop:**

Im Anschluss an unsere Tagung wird es am Freitag, den 25. Februar 2011, einen internationalen Workshop zum Thema „Geophysics for Deep Geothermal Energy“ unter Beteiligung von Politik, Industrie und staatlichen Forschungseinrichtungen geben. Die Veranstaltung, zu der sich 75 Teilnehmer angemeldet haben und zu der auch ein Sonderband erscheint, wird gemeinsam von der DGG und der European Association of Exploration Geophysicists (EAGE) ausgerichtet. Das Präsidium sieht diesen international sichtbaren Workshop auch als Angebot für unsere Mitglieder und möchte diese Art von Kooperationsveranstaltungen zukünftig fortsetzen.

### **GeoDarmstadt 2010:**

Vom 10. bis 13. Oktober 2010 wurde in Darmstadt die Gemeinschaftstagung vieler Gesellschaften der GeoUnion, die „GeoDarmstadt“, unter dem Motto „Geowissenschaften sichern Zukunft“ abgehalten. Als Trägergesellschaft der GeoUnion waren wir aktiv in die Gestaltung der Tagung eingebunden und haben zahlreiche Beiträge mit speziellen Sitzungen zu geophysikalischen Themen leisten können.

### **C.-F.-Gauß-Lecture auf der EGU:**

Am 6. April 2011 wird es zum sechsten Mal auf der Jahreskonferenz der European Geoscience Union (EGU) in Wien eine C.-F.-Gauß-Lecture der DGG geben. Vortragende ist diesmal Prof. Dr. Heidrun Kopp vom Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR) in Kiel mit dem Thema „Sailing the seven seas: From seafloor images into the seismogenic zone“. Vor ihrem Vortrag wird es traditionell einen Empfang mit Getränken und kleinem Imbiss für Mitglieder und Freunde der DGG geben. Die Vorträge der C.-F.-Gauß-Lectures sind auf der DGG-Webseite als PDF-Dateien verfügbar.

## **Österreichische Geophysikalische Gesellschaft (AGS):**

Die DGG hat mit der AGS eine Absichtserklärung zur Kooperation beider Gesellschaften getroffen. Die AGS hat derzeit 80 Mitglieder. Vorstellbar wäre es z.B., Tagungen gemeinsam auszurichten.

### **TOP 5: Bericht des Geschäftsführers**

Nichts Berichtenswertes.

### **TOP 6: Bericht des Schatzmeisters**

Herr Rudloff berichtet zum Vermögen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, zur Mitgliederentwicklung und zu Perspektiven. In einer Powerpoint-Präsentation stellt er die Einnahmen und Ausgaben im Jahr 2010 im Einzelnen sowie den Haushalt für 2011 mit geschätzten Beträgen vor.

Mit Stand vom 31.12.2010 beträgt das Vermögen der DGG 96.079,70 EUR und setzt sich aus Barkasse, Bankkonten (54.581,28 EUR), Rücklagen (25.175,- EUR) und der Bock-Schenkung (16.323,42 EUR) zusammen. Bei den Aufwendungen schlagen die RB mit 13 % zu Buche und das Geophysical Journal International (GJI) mit 22 %.

Die Bochumer Tagung erbrachte letztendlich keinen positiven Abschluss. Trotzdem ergab die Einnahmen- und Überschussrechnung für 2010 ein positives Ergebnis von knapp 4.000,- EUR. Für den Haushalt 2011 werden ausgeglichene Einnahmen und Aufwendungen in Höhe von 29.500 EUR erwartet. Dieser Betrag gilt ohne Tagungsbetrieb und durchlaufende Kosten für das GJI. Die Kassenprüfung erfolgte am 4. Februar 2011.

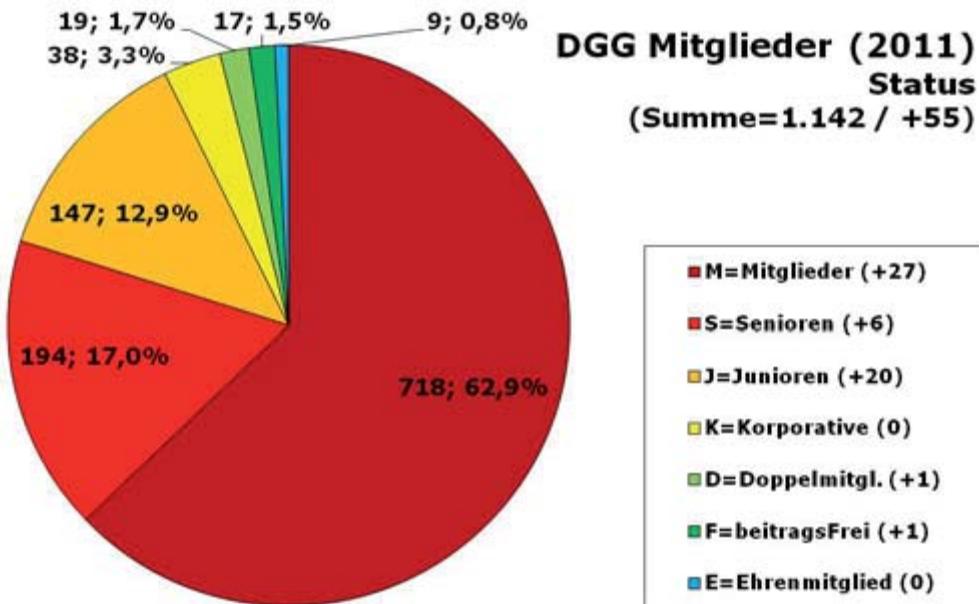
Für ausländische Mitglieder gibt es seit einigen Jahren ein Kreditkartenportal über Witago. Herr Rudloff zeigt auch die positive Mitgliederentwicklung seit 1922. In 2010 erhöhte sich die Mitgliederzahl um 55 auf nun 1.142 Mitglieder, darunter 9 Ehrenmitglieder. Mehrheitlich sind die Mitglieder jedoch „Normalos“ im Alter von mindestens 30 Jahren.

Er zeigt das Ergebnis der elektronischen Mitgliederumfrage, die bis zum 31. Januar lief, und versucht eine erste Analyse. Die Beteiligung betrug 33,8 % und war damit höher als bei der letzten Umfrage. Jüngere beteiligten sich stärker als Ältere. Die Gruppen der 3- bis 10- und 10- bis 20-jährigen Mitgliedschaften waren am stärksten vertreten. 96 % brachten ihre Zufriedenheit mit der Gesellschaft zum Ausdruck. Er bedankt sich für die zahlreiche Beteiligung. Herr Yaramanci dankt Herrn Rudloff für diese Initiative.

### **Einnahmen-/Überschussrechnung 2010 (ohne Tagungsbetrieb):**

	<b>Einnahmen</b>	<b>Ausgaben</b>
Ergebnis ideelle Vereinstätigkeit	<b>29.677,16 €</b>	<b>21.579,72 €</b>
Ergebnis Vermögensverwaltung	<b>1.046,27 €</b>	<b>503,08 €</b>
Ergebnis Zweckbetrieb	<b>35.218,37 €</b>	<b>40.384,28 €</b>
Ergebnis wirtschaftlicher Geschäftsbetrieb	<b>458,15 €</b>	
<b>Summe</b>	<b>66.399,93 €</b>	<b>62.467,08 €</b>
Ergebnis:	<b>3.932,85 €</b>	

ein positiver Abschluss.



Kurze Erläuterung zum Status der DGG-Mitglieder (s. Grafik). Die Mitgliederzahl hat die 1.100er-Marke übersprungen, wobei die Anzahl der normalen Mitglieder 718 beträgt. Die Zahlen in Klammern geben die Veränderungen zur Tagung 2010 an.

Am Ende seines Berichts dankt Herr Rudloff den Mitgliedern für ihr Vertrauen.

### **TOP 7: Bericht der Kassenprüfer und Entlastung des Schatzmeisters**

Herr Tilman Hanstein (Köln) berichtet, dass er die Kasse mit Herrn Peter Wigger (Berlin), der leider nicht anwesend sein kann, am 4. Februar 2011 am GFZ in Potsdam geprüft hat. Geprüft wurden die Unterlagen der DGG-Kasse (Bilanz, Bankkonten Postbank + HASPA, Konto Bar-Kasse, Konto Termingeld, Konto Rücklagen, Belege dazu). Dabei wurden größere Beträge und auch die Tagungsunterlagen sehr genau kontrolliert.

Die umfangreichen Unterlagen waren vollständig vorhanden und die Belegführung nachvollziehbar. Die Kassenprüfer haben sich davon überzeugt, dass alle Ausgaben nur satzungsgemäßen Zwecken dienten. Es ergaben sich keinerlei Beanstandungen. Aus Sicht der Kassenprüfer ist die Kasse der DGG bei Herrn Rudloff in

guten Händen. Die Kassenprüfer empfehlen der Mitgliederversammlung die Entlastung des Schatzmeisters.

Der Schatzmeister wird bei eigener Enthaltung einstimmig entlastet.

### **TOP 8: Bericht des deutschen Herausgebers des Geophysical Journal International (GJI)**

Herr Korn berichtet als DGG-Haupteditor und „Deputy Editor in Chief“ des GJI. Er begann 1998 seine Editorentätigkeit, die für ihn immer interessant und persönlich bereichernd war. Ende 2010 hat er den Stab weitergereicht an Jörg Renner (RUB). Mit ihm ist auch Matthias Hort ausgeschieden. Editoren wechseln in der Regel alle drei Jahre. Auf deutscher Seite neu hinzugekommen sind Joachim Wassermann (LMU) und Wolfgang Friederich (RUB).

Er zeigt die Publikationsstatistik und macht darauf aufmerksam, dass der „Impact Factor“ vom GJI mit 2,43 (2009) etwas unter dem vom Journal of Geophysical Research (JGR) liegt. Die Anzahl der nicht zitierten Artikel belief sich 2009 auf 30 %, 2008 auf 12 % und für 2007 nur noch auf 5 %. 2010 wurden 410 Artikel publiziert, von denen 99 aus Europa stammten, 136 aus den USA, 42 aus Japan. Ablehnungen in 2010 betrafen Artikel aus dem Iran zu 74 %,

Indien zu 69 %, USA zu 10 %, Deutschland zu 12 %, Frankreich zu 5 %, UK zu 21 %, die Türkei zu 63 % und China zu 62 %.

Der Anteil der „Print only“-Subskriptionen ist gegenüber dem Jahr 2009 von 26 % auf 17 % gefallen. Dem steht ein Anstieg von „Online only“-Subskriptionen von 44 % auf 67 % gegenüber. Die Printversion ist vor allem in Asien noch populär. Es gibt bisher keine Pläne für einen sofortigen Umstieg auf „online only“, die Entwicklung wird jedoch laufend beobachtet. Der Subskriptionspreis für beide Versionen ist identisch.

## **TOP 9: Bericht der Redaktion der DGG-Mitteilungen und von GMit**

Herr Kaiser berichtet über die RB, deren Redaktionsteam mit Herrn Grinat und Frau Hock unverändert ist. In 2010 sind wie vorgesehen drei Hefte der DGG-Mitteilungen erschienen, das letzte vor einem Monat. Daneben wurden bisher 50 Sonderbände publiziert. Redaktionsschluss für das nächste Heft ist der 30. April 2011. Einsendungen und Korrespondenz erreichen die Redaktion unter: [roteblaetter@dgg-online.de](mailto:roteblaetter@dgg-online.de).

Herr Grinat berichtet als Redaktionsmitglied bei GMit, dass bisher 5 GMit-Hefte mit DGG-Beteiligung erschienen sind. Die nächste Ausgabe ist für Juni 2011 vorgesehen. Redaktionsschluss ist der 15. April 2011. Beiträge für unseren Gesellschaftsblock können jedoch noch bis zum 30. April eingereicht werden. Er macht darauf aufmerksam, dass GMit auch im Internet verfügbar ist.

## **TOP 10: Kurzberichte der Vorsitzenden / Sprecher der DGG-Komitees und -Arbeitskreise**

### **Komitee Publikationen (Bohlen):**

Das Komitee Publikationen hat Informationen zum wissenschaftlichen Schreiben für junge Autoren zusammengestellt. Sie enthalten nützliche Hinweise zur technischen Umsetzung und Gliederung von Texten, zum Erstellen von

Literaturlisten, Science Citation Index Expanded (SCIE) und Journal Impact Factor (JIF), zu Links auf geophysikalische Zeitschriften u.v.m. Die Seite wird in Kürze auf [www.dgg-online.de](http://www.dgg-online.de) verfügbar sein.

### **Komitee Öffentlichkeitsarbeit (Barckhausen):**

Herr Barckhausen stellt die Aktivitäten des Komitees vor, wie die Sonderbriefmarke aus Anlass von Emil Wiecherts 150. Geburtstag, Ausrichtung der C.-F.-Gauß-Lecture mit einem Empfang auf der EGU, für die 2011 wieder ein Großspender gefunden werden konnte, Vorbereitung des Pressegesprächs und der Pressemitteilung für die DGG-Tagung. Weiter werden Pressemitteilungen z.B. über den idw (Informationsdienst der Wissenschaften) initiiert.

### **Komitee Internet (Günther):**

Herr Günther berichtet, dass er die Internetseiten aktuell hält. Die RB sind jetzt ebenfalls online verfügbar.

### **Komitee Jahrestagungen (Kümpel):**

Herr Kümpel berichtet, dass, wie schon angesprochen, die kommende Jahrestagung 2012 in Hamburg ausgerichtet wird. Die Web-Seite wird derzeit vorbereitet. Geplant sind bisher drei Themenschwerpunkte: I) Geophysikalische Erdsystemforschung, II) Naturgefahren und Geophysik, III) passive Seismik in der Angewandten Geophysik. Termin ist der 5. bis 8. März 2012. Hamburg war 1995 letztmalig Austragungsort. 2013 wird unsere Tagung in Leipzig sein, ebenfalls vom 5. bis 8. März. Für 2014 ist Karlsruhe Tagungsort.

Betreffend Geokommission und GeoUnion berichtet er, dass die DFG ab 2011 für zunächst 3 Jahre einen Senatsausschuss „Zukunfts-aufgaben der Geowissenschaften“ fördert. Die erste Sitzung findet am 18. und 19. April 2011 in Bremen statt. Eine weitere dreijährige Förderung erscheint möglich. Die Aufgaben des neuen Ausschusses werden sich von denen der bisherigen Geokommission (offiziell „Senatsausschuss für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben“) in einigen Punkten unterscheiden. Im Vordergrund steht künftig die Zuarbeit für den Senat.

Die GeoUnion steht vor der Herausforderung einer maßgeblichen Steigerung der Kosten ihrer Geschäftsstelle. Ein- und Ausgaben belaufen sich pro Jahr auf etwa 65.000 EUR. Davon entfallen bisher 30.000 EUR pauschal für den Betrieb der Geschäftsstelle, künftig sollen es 40.000 EUR sein. Damit steht die Beitragsgenerierung auf dem Prüfstand, ebenso Fragen der machbaren Leistungen der GeoUnion und der Erwartungen seitens der Trägergesellschaften. Die nächste Sitzung des erweiterten Präsidiums findet am 9. März 2011 in Berlin statt. Im September 2011 plant die GeoUnion zum Wissenschaftsjahr „Forschen für die Gesundheit“ die Ausrichtung einer zweitägigen Konferenz „Geowissenschaften und Gesundheit“ in den Räumen der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin-Mitte. Vorschläge für Vorträge seitens der Trägergesellschaften hierzu sind erwünscht und zu richten an

Herrn Dr. Christof Ellger  
Geschäftsstelle der GeoUnion  
Arno-Holz-Str. 14, 12165 Berlin  
Tel. : +49-30-79006622

Fax: +49-30-79006612  
[www.geounion.de](http://www.geounion.de)

Er spricht dem Kölner Tagungskomitee für die große Selbständigkeit bei der Vorbereitung der Veranstaltung seine Anerkennung aus.

#### Komitee Ehrungen (Jentzsch):

Herr Jentzsch berichtet, dass es diesmal zwei Preisträger gab. So wurde Prof. Dr. Fritz M. Neubauer (Köln) mit der Emil-Wiechert-Medaille ausgezeichnet und der Günter-Bock-Preis an Dr. Markus J. Beuchert (Frankfurt am Main) vergeben. Er bittet die Mitglieder, nicht zu bescheiden zu sein, und Kandidaten für Auszeichnungen zu nennen. Er macht darauf aufmerksam, dass es am Ende der Tagung wieder junge Preisträger für das beste Poster und den besten Vortrag geben wird.

#### Komitee Firmen (Lehmann):

Herr Lehmann berichtet, dass die Firmen-Liste im Internet jetzt 33 Firmen beinhaltet, darunter 12 korporative Mitglieder. Weiter sind 22 Universitäten gelistet und 7 außeruniversitäre

Einrichtungen. Er bittet die Mitglieder, die Seite einmal zu besuchen. Für die Unterstützung beim Erstellen der Web-Seite dankt er Herrn Günther.

Er informiert, dass der BDG-Ausschuss zu qualitätsgeprüften Geophysik-Firmen demnächst tagen wird. Er bittet um Diskussionspunkte, die er auf der Sitzung ansprechen könnte.

Weiter berichtet er, dass es von den Firmenausstellern nur positive Reaktionen gibt. Er spricht dem Organisationsteam hierfür seinen Dank aus.

#### Komitee Mitglieder (Kopp):

Frau Kopp teilt mit, dass die Mitgliederumfrage, die Herr Rudloff gezeigt hat, derzeit ausgewertet wird.

#### Komitee Studierende (Schaller):

Da Frau Schaller verhindert ist, berichtet Herr Lühr, dass vom 13.-16.5.2010 das letzte GAP (Geophysikalisches Aktionsprogramm) in Karlsruhe stattfand. Es war die 25. Veranstaltung und damit ein Jubiläums-GAP. Das GAP findet jährlich statt und ist bisher noch nie ausgefallen. Als neuen Programmpunkt gab es eine Diskussionsrunde mit mehreren Vertretern aus der Wirtschaft sowie einer Vertreterin der Uni Karlsruhe, die sich den Fragen der Studenten stellten. Etwa 2/3 aller GAP-Teilnehmer kamen zu dieser Veranstaltung.

Das nächste GAP wird vom 2. bis 5. Juni 2011 in Hamburg abgehalten. Es wird neben den üblichen Programmpunkten (Vorträge, Exkursionen, Partys) wieder eine Diskussionsrunde geben.

Herr Torsten Klein bat um Entsendung in den Studentischen Akkreditierungspool. Dieser studentische Pool organisiert die Vertretungen der Studierenden in Akkreditierungsverfahren. Er dient als Ansprechpartner der Agenturen und sorgt für die Weiterbildung seiner Mitglieder. Torsten Klein studiert Physik mit Vertiefung Geophysik und hat bereits Erfahrung in der Entwicklung und Akkreditierung von Studiengängen, so dass er seinem Wunsch entsprechend entsandt wurde.

#### Komitee Studienfragen (Dahm):

Herr Dahm berichtet von dem gestrigen Treffen des Komitees. U.a. wurde die Erstellung

einer „Transmissibility Matrix“ diskutiert, die Studierenden eine bessere Orientierung für einen problemlosen Wechsel zwischen Instituten bieten soll. Er bittet Interessierte um Mitarbeit im Komitee.

#### Komitee Kooperationen (Krawczyk):

Frau Krawczyk berichtet, dass Friedemann Wenzel (KIT Karlsruhe) als neues Mitglied für das Komitee gewonnen werden konnte. Er hält den Kontakt zum DKKV (Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V.), zu dessen wissenschaftlichem Beirat er als Mitglied gehört.

#### Kooperationsgespräche mit AGS:

Die DGG und die Österreichische Geophysikalische Gesellschaft (AGS) haben verabredet, sich gegenseitig über ihre Aktivitäten zu informieren und abzustimmen.

#### Neuigkeiten aus der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT):

Der Tagungskalender der DGGT weist bisher nur eigene Veranstaltungen auf; Anfragen zur Bekanntmachung von Veranstaltungen kommen über Einzelkontakte. Es ist angehakt, die Tagungskalender gegenseitig um Veranstaltungen zu ergänzen.

#### Neuigkeiten aus dem Deutschen Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV):

1) Das ICSU (International Council for Science), dem die meisten internationalen professionellen Organisationen aus dem Bereich der Wissenschaft angehören, unter anderem die IUGG, hat das so genannte „Integrated Research on Disaster Risk (IRDR)“-Programm ins Leben gerufen, dessen „Executive Director“ Dr. Jane Rowlings ist und das in Peking sein Büro Ende vergangenen Jahres eröffnet hat. DKKV ist der deutsche nationale Partner dieses Programms, das mit einer neuen Arbeitsgruppe die Sichtbarkeit der deutschen Initiativen in diesem Feld sicherstellen soll.

2) Das 11. Forum Katastrophenvorsorge hat am 18. und 19. Januar 2011 am GFZ stattgefunden. Von besonderer Bedeutung war hier eine Podiumsdiskussion zu „Wissenschaft

und Entwicklungszusammenarbeit: getrennte Welten?“, mit der eine höhere Effizienz in den beiden Bereichen Forschung und Entwicklungshilfe erzielt werden sollte. Hochrangige Teilnehmer waren je ein Staatssekretär aus BMZ und BMBF sowie der Wissenschaftliche Vorstand des GFZ.

#### Neuigkeiten aus dem Bereich EAGE:

- 1) Ein gemeinsamer Workshop DGG / EAGE findet am Freitag, 25.2.2011 in Köln im Anschluss an die DGG-Tagung zum Thema „Tiefe Geothermie“ statt.
- 2) Es ist für 2011 wieder die gegenseitige Gewährung von Ständen auf den Jahrestagungen (Köln, Wien) vereinbart worden.

#### Arbeitskreis Angewandte Geophysik (Schuck):

Da Herr Schuck dienstlich verhindert ist, berichtet Herr Dirk Orlowsky (DMT), dass vom Arbeitskreis (AK) wieder ein Kolloquium der Angewandten Geophysik organisiert wurde. Das Thema des diesjährigen Kolloquiums mit den folgenden 6 Vorträgen lautet „Induzierte Seismizität“:

- Joswig, M. (Universität Stuttgart): Nanoseismic Monitoring - Small Fractures in Large Earth,
- Manthei, G. (Fachhochschule Gießen), Philipp, J. und Eisenblätter, J. (Gesellschaft für Materialprüfung und Geophysik mbH, Bad Nauheim): Acoustic Emission Measurements in Rock Structures and on Rock Specimens,
- Kaiser, D. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe): Mikroakustische Messungen in einem Salzbergwerk zur Bewertung von Rissprozessen,
- Wegler, U. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe): Geothermie und Seismizität,
- Wiemer, S. (ETH Zürich, Schweizerischer Erdbebendienst): Kleine Beben mit großer Wirkung: Ein Beitrag zur probabilistischen Gefährdungsanalyse von induzierten Erdbeben,

- Wassermann, J., Megies, T. und Igel, H. (Universität München): Kleine Druckvariationen – kleine Erdbeben? Beispiele induzierter Seismizität aus dem Voralpen- / Alpenraum.

Die Beiträge sind zur DGG-Tagung als Sonderband der Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft erschienen. Im kommenden Jahr ist wieder ein Kolloquium geplant. Ideen liegen bereits vor, sollen jedoch erst mit dem Vorstand abgestimmt werden.

Der Arbeitskreis hat neue Mitglieder: Prof. Dr. Manfred Joswig, Dr. Thomas Fechner, Dr. Dirk Orlowsky und Prof. Dr. Ugur Yaramanci.

Herr Yaramanci dankt den ausgeschiedenen Mitgliedern Prof. Dr. Jürgen Fertig und Herrn Dr. Thomas Wonik für ihre Mitarbeit im AK.

**Arbeitskreis Elektromagnetische Tiefenforschung (EM) (Ritter):**

Herr Ritter berichtet, dass der AK alle zwei Jahre ein EM-Kolloquium ausrichtet. Das nächste Schmucker-Weidelt-Kolloquium findet im September in Neustadt statt und wird von den Frankfurtern ausgerichtet. Derzeit wird auch ein -Workshop der „International Association of Geomagnetism and Aeronomy“ (IAGA) vorbereitet, der 2014 in Weimar stattfinden soll und zu dem 400 internationale Teilnehmer erwartet werden. Den IAGA Workshop gibt es seit 1978.

**Arbeitskreis Dynamik des Erdinnern (Riedel):**

Herr Riedel ist entschuldigt. Der AK richtet alle zwei Jahre einen Workshop mit internationaler Beteiligung aus. Der letzte zweitägige Workshop fand in Münster statt, unter Beteiligung von Tilman Spohn und 50 Teilnehmern. Der nächste ist für 2012 geplant. In diesem Jahr wird es noch einen internationalen Workshop am GFZ mit eingeladenen Vortragenden geben, organisiert durch Dr. Stephan V. Sobolev (GFZ).

**Arbeitskreis Hydro- und Ingenieurgeophysik (Werban):**

Frau Werban lässt sich entschuldigen. Herr Lühr berichtet, dass wie bereits in den Roten Blättern angekündigt das Seminar „Ingenieurgeophysik“ (inkl. halbtägiges Seminar Oberflächenwellenseismik) in Neustadt /

Weinstraße vom 06.-08. April 2011 stattfinden wird. Ein ausführlicher Bericht folgt in den Roten Blättern.

Vom 28. März bis 1. April 2011 findet die 3. Auflage des geophysikalischen bzw. hydrogeologischen Feldpraktikums am UFZ statt. Bei der Anmeldung herrschte wieder reges Interesse seitens der Studierenden.

**Arbeitskreis Induzierte Polarisation (IP) (Kemna):**

Herr Kemna lässt sich entschuldigen, weshalb Herr Radic berichtet, dass der Workshop des AK mit über 50 Teilnehmer(innen) gemeinsam mit dem 14. Seminar „Hochauflösende Geoelektrik“ der Universität Leipzig am 5. und 6. Oktober 2010 in Machern bei Leipzig stattfand. Ein Kurzbericht für die Roten Blätter ist in Vorbereitung. Geplant ist, die gemeinsame Veranstaltung 2012 zu wiederholen.

Im Nachgang zum Internationalen IP-Workshop 2009 in Bonn ist nun ein „Special Issue“ im EAGE-Journal „Near Surface Geophysics“ in Arbeit, an dem sich viele Mitglieder des AK mit Beiträgen beteiligen. Ein zweiter internationaler IP-Workshop ist für Anfang November 2011 an der Colorado School of Mines geplant.

**Arbeitskreis Geothermie (Clauser):**

Herr Clauser lässt sich entschuldigen, weshalb Herr Kümpel den Bericht verliest. Der AK hat seit längerem keine feste Mitgliederstruktur. Er traf sich bisher in unregelmäßigem Abstand auf 1½- bis 2-tägigen Klausurtagungen. Um im Umfeld der an verschiedenen Orten aufblühenden Aktivitäten und Gründungen im Bereich der Geothermie einen Überblick über die am Thema dieses AK Interessierten zu gewinnen, wurde Anfang 2010 in den Roten Blättern ein Aufruf zur Interessensbekundung veröffentlicht. Leider war die Zahl der Rückläufe nur einstellig.

Daher konzentrierte der Sprecher des AK, der in der Periode 2007-2011 gleichzeitig Vorsitzender der International Heat Flow Commission der IASPEI war, seine Aktivitäten auf die Vorbereitung der geothermischen Symposien anlässlich der IUGG-Generalversammlung Juni / Juli 2011 in Melbourne. Interessierte wurden

über diese Konferenz und die Symposien frühzeitig informiert.

Es werden drei Symposien und Workshops stattfinden, die insgesamt oder stark geothermischen Themen gewidmet sind. Für eines der Themen ist der Sprecher der „Haupt-Convenor“, für ein anderes Thema ist Herr Shapiro, Berlin, „Co-Convenor“. Die Titel der drei Symposien sind: „Heat Flow, Tectonics, and Geothermal Energy“, „Physics of the seismic process: From laboratory studies to field observations“ und „Climate Change: A 360 Degree-View from IUGG Associations“.

Zwischen den Sprechern des DGG-AK „Geothermik“ und der FKPE-AG „Induzierte Seismizität“ besteht ein enger Austausch hinsichtlich der von der AG „Induzierte Seismizität“ in Gang gesetzten Aktivitäten zur Ansprache des seismischen Risikos bei bewirtschafteten und in Planung befindlichen EGS- (Enhanced Geothermal Systems) Reservoiren.

Der Sprecher des AK „Geothermik“ nimmt weiterhin jederzeit gerne Anregungen entgegen, in welcher Weise die Aktivitäten des AK ausgeweitet werden könnten, und wird solche Initiativen nach Kräften unterstützen.

#### Arbeitskreis Geschichte der Geophysik mit Archiv Leipzig (Jacobs):

Herr Jacobs berichtet über Veranstaltungen des AK Geschichte im Jahre 2010:

- 30.4. Alte Erdbebenwarte Leipzig-Collm - Museale Eröffnung Gestaltung gemeinsam mit Uni Leipzig
- 23.7. 150 Jahre Adolf Schmidt und 70 Jahre Observatorium Niemegk Gestaltung gemeinsam mit GFZ
- 5.10. Workshop „Hochauflösende Geoelektrik“ in Machern / b. Leipzig Vortrag „20 Jahre Bucha-Seminar“

sowie über Aktivitäten des Archivs:

- 31.3. und 21.7. Übernahme von Beständen des Mintrop-Nachlasses in Göttingen

anschließend

Mintrop-Dokumente sichten, säubern, sortieren, ordnen, bewerten und interne Präsentation vorbereiten, Strukturkonzeption, Vortrag Köln.

Herr Jacobs dankt all jenen, die ihm mit dem Archiv geholfen haben. Pflege und Erweiterung des Bestandes im Archiv gehen weiter. Es gibt z.B. viele Tagungsbände aus den 1970er Jahren. Er wird darüber in den RB berichten. Er bittet alle, nichts wegzwerfen, insbesondere auch keine alten ausgesonderten geophysikalischen Geräte.

#### **TOP 11: Aussprache**

Herr Strack merkt an, dass in den RB die schwarzgehaltenen Texte auf rotem Grund für Ältere schlecht lesbar seien und fragt, ob dies geändert werden könnte. Herr Grinat erklärt, dass eine Änderung möglich sei, wegen des traditionellen Erscheinungsbildes jedoch eine Farbänderung der Schrift nicht gewollt ist. Man könne den Inhalt jedoch noch einmal im Heft auf einer weißen Seite drucken.

Herr Roeser stellt bezüglich der Mitgliederumfrage fest, dass sich anscheinend nur ein Arbeitsloser beteiligt hat, und fragt, ob noch andere geantwortet haben. Herr Rudloff antwortet, dass ihm hierüber keine Informationen vorliegen. Nach seinem Kenntnisstand ist jedoch die Anzahl arbeitsloser Geophysiker derzeit deutlich geringer als noch vor einigen Jahren.

Herr Rabbel fragt an, ob es jetzt eine Möglichkeit gibt, auf den Vorgänger des GJI online zuzugreifen. Herr Yaramanci informiert, dass es in der nahen Vergangenheit diesbezüglich Aktivitäten gab. Seitens des Vorstandes wird ein Online-Zugriff ebenfalls gewünscht. Verlag Wiley beabsichtigte, alle Vorgänger des GJI auch online verfügbar zu machen. Hierzu wurden in der DGG die Eigentumsverhältnisse recherchiert und dem Wiley-Verlag mitgeteilt. Derzeit wartet die DGG auf Modalitätsvorschläge von Wiley.

Frau Sudhaus ist bei zurückliegenden Ausgaben des GJI aufgefallen, dass Referenzen in den Artikeln nicht ordentlich elektronisch verlinkt sind. Die Folge ist, dass die Zitate nicht gezählt werden, nicht beim GJI selbst und auch

nicht auf anderen Portalen wie z.B. dem ISI Web of Science. Die Zitat-Zählungen sind aber sowohl für die Autoren selbst wichtig als auch für das Journal, wenn beispielsweise auf Artikel des GJI verwiesen wird. Herr Korn bittet um ein Beispiel und schlägt vor, da es sich hierbei um sehr spezielle Fälle handelt, dass sich Frau Sudhaus am besten mit dem neuen GJI-Editor Herrn Renner in Verbindung setzt, damit diese Fehleintragungen korrigiert werden können.

## **TOP 12: Entlastung des Vorstandes**

Herr Korn stellt den Antrag auf Entlastung des Vorstandes. Der Antrag wird einstimmig bei Enthaltung der anwesenden Vorstandsmitglieder angenommen und somit der Vorstand entlastet.

## **TOP 13: Wahlen (designierter Präsident, Schatzmeister, Beisitzer)**

Bei allgemeiner Zustimmung wird Herr Horst Rüter als Wahlleiter bestellt. Herr Rüter stellt fest, dass Herr Kümpel das Präsidium verlässt und ab dem 24.2.2011 der bisherige designierte Präsident Eiko Räkers neuer Präsident sein wird. Somit wird ein neuer designierter Präsident benötigt. Seitens des Präsidiums wird Prof. Dr. Michael Korn als Kandidat für die Wahl des designierten Präsidenten vorgeschlagen. Herr Rüter bittet um weitere Kandidatenvorschläge. Da es keine weiteren Nennungen gibt, fragt Herr Rüter Herrn Korn, ob er kandidieren möchte, was dieser bejaht.

Des Weiteren endet auch die Amtszeit des Schatzmeisters Dr. Alexander Rudloff. Herr Rudloff erklärt sich bereit, für eine weitere, dritte Amtszeit zu kandidieren. Auf Nachfrage gibt es keine weiteren Kandidatenvorschläge.

Bezüglich des Beirates laufen die Amtszeiten der Herren Bohlen, Bücker, Dahm und Günther ab, die sich ebenfalls bereit erklären, für eine zweite Amtszeit zu kandidieren. Auf Nachfrage gibt es keine weiteren Nennungen.

Die Frage von Herrn Rüter nach Durchführung einer geheimen Wahl wird verneint. Es werden drei Wahlgänge per Akklamation durchgeführt.

1. Als neuer designierter Präsident wird Prof. Dr. Michael Korn einstimmig bei einer Enthaltung gewählt. Herr Korn nimmt die Wahl an.
2. Als Schatzmeister wird Dr. Alexander Rudloff einstimmig bei einer Enthaltung gewählt. Herr Rudloff nimmt die Wahl an. Er macht jedoch darauf aufmerksam, dass dies seine letzte Amtsperiode sein wird. Er bittet die Mitglieder, sich Gedanken um seine Nachfolge zu machen.
3. Die zur Wahl stehenden Beiratsmitglieder werden einstimmig bei einer Enthaltung gewählt. Die Gewählten nehmen die Wahl an.

Herr Yaramanci dankt Herrn Rüter für seine Wahlleitertätigkeit.

## **TOP 14: Zusammensetzung des neuen Vorstandes**

Der Vorstand wird per Akklamation bestätigt. Mit Wirkung vom 24. Februar 2011 setzt sich der Vorstand der DGG wie folgt zusammen:

Präsident: Prof. Dr. Eiko Räkers; Vizepräsident: Prof. Dr. Ugur Yaramanci; Designierter Präsident: Prof. Dr. Michael Korn; Schatzmeister: Dr. Alexander Rudloff; Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Dipl.-Geophys. Birger-G. Lühr.

Dem Beirat gehören an: Dr. Udo Barckhausen, Prof. Dr. Thomas Bohlen, Dr. Christian Bücker, Prof. Dr. Torsten Dahm, Dipl.-Geophys. Michael Grinat, Dr. Thomas Günther, Prof. Dr. Manfred Joswig, Prof. Dr. Heidrun Kopp, Prof. Dr. Charlotte Krawczyk, Dr. Bodo Lehmann, Theresa Schaller, Dr. Ulrike Werban.

## **TOP 15: Wahl der Kassenprüfer**

Herr Yaramanci bittet um Vorschläge. Herr Hanstein erklärt, dass er und auch Herr Wigger, der leider verhindert ist, sich bereit erklären, für eine weitere Amtsperiode als Kassenprüfer zu

kandidieren. Da es auf Nachfrage keine weiteren Kandidatenvorschläge gibt und sie die Kassenprüfung bisher zur Zufriedenheit aller durchgeführt haben, schlägt das Präsidium der Mitgliederversammlung die Herren Wigger und Hanstein als Kandidaten für die Wahl der Kassenprüfer vor. Herr Dr. Peter Wigger, Berlin, und Herr Tilman Hanstein, Köln, werden per Akklamation einstimmig bei einer Enthaltung gewählt.

## **TOP 16: Anpassung / Erhöhung der Mitgliedsbeiträge**

Herr Yaramanci berichtet, dass schon auf der letzten Mitgliederversammlung in Bochum darauf aufmerksam gemacht worden ist, dass die Mitgliedsbeiträge entsprechend den allgemeinen Kostensteigerungen angepasst werden müssten. Hierzu gab es auch Erläuterungen durch den Schatzmeister Herrn Rudloff in den RB 1/2011. Herr Yaramanci bittet Herrn Rudloff um ein Resümee der Begründung.

Herr Rudloff nennt als erstes die Teuerungsrate, die seit 2002 +15 % beträgt. Des Weiteren nennt er einige neue und sichtbare Aktivitäten wie z.B. die C.-F.-Gauß-Lecture der EGU, die zum sechsten Male abgehalten wird, und die jährliche Unterstützung des GAP-Treffens. Die Ausrichtung der Tagungen beinhaltet ein zunehmendes finanzielles Risiko und auch die Belastung von Einzelpersonen wie des Schatzmeisters ist z.B. durch das neue Steuerrecht erheblich gestiegen. Deshalb sollten Nachfolger durch eine externe Hilfe entlastet werden. Höhere Kosten entstehen u.a. auch durch das DGG-Archiv. Er begründet die Zahlen in einer Powerpoint Präsentation und empfiehlt eine Erhöhung des Mitgliedsbeitrages ab 1.1.2012 wie folgt:

Mitglieder	40,- EUR
Junioren	15,- EUR
Senioren	25,- EUR
Korporative	50,- EUR
Doppelmitglieder	25,- EUR

Herr Yaramanci dankt Herrn Rudloff für seine Erläuterungen und verliest den Beschluss des Vorstandes: Der Vorstand bittet die Mitglieder-

versammlung um Zustimmung zur vorgeschlagenen Beitragserhöhung, wirksam ab dem 1.1.2012.

Herr Forbriger möchte wissen, wie viel Geld der Erhöhung um mehr als 30 % in die Kasse fließt. Herr Rudloff betont noch einmal, dass der Haushalt derzeit „auf Kante genäht“ sei. Er benötige jedoch auch einen Handlungsspielraum im operativen Geschäft. Teilt man das Vermögen von ca. 50.000,- Euro auf die 1.000 Mitglieder auf, so ergibt sich als Handlungsspielraum, bezogen auf ein einzelnes Mitglied, nur ein Betrag von 50,- Euro. Der von Herrn Forbriger erfragte Betrag wird voraussichtlich in der Größenordnung von rund 7.000 EUR liegen.

Auf die Frage von Herrn Wilhelm nach einer Entlastungsmöglichkeit informiert Herr Rudloff, dass die Finanzabschlüsse bereits von einem Steuerberater geprüft werden. Er möchte die Steuerangelegenheiten am liebsten komplett in professionelle Hände geben, was jedoch zu Mehrkosten im mehrstelligen Euro-Bereich führen würde.

## **TOP 17: Zukünftige Beteiligung an GMit**

Herr Yaramanci stellt fest, dass wir seit drei Jahren an GMit beteiligt sind, der einzigen gemeinsamen Publikation der geowissenschaftlichen Gesellschaften der festen Erde. Die Entscheidung über eine weitere Beteiligung unsererseits über September 2011 hinaus muss jetzt gefällt werden. Der Vorstand bewertet die bisherige Beteiligung positiv und möchte diese deshalb fortführen, jedoch ohne zeitliche Befristung, wie sie im 1. Beschluss vom 5. März 2008 festgelegt worden ist. Er verliest den 1. Beschluss zur GMit-Beteiligung - „Für drei Jahre wird auf eine Ausgabe der DGG-Mitteilungen (= Rote Blätter) pro Jahr verzichtet, zugunsten einer kostenneutralen Beteiligung an zwei GMit-Ausgaben pro Jahr. Nach Ablauf von drei Jahren wird dieser Beschluss wieder zur Diskussion gestellt“ - sowie die Empfehlung des Vorstandes für die Zukunft:

„Der Vorstand bewertet die Zusammenarbeit mit GMit positiv und empfiehlt die Aufgabe der zeitlichen Befristung des aktuellen Vertrages.“

## **TOP 18: Anträge und Beschlüsse**

Die Erhöhung der Mitgliedsbeiträge, wirksam ab dem 1. Januar 2012, wie unter TOP 16 dargelegt, wird bei 5 Enthaltungen und ohne Gegenstimmen mehrheitlich beschlossen.

Dem Beschluss zur weiteren Beteiligung an GMit mit zwei Heften pro Jahr wird bei 9 Enthaltungen und ohne Gegenstimme mehrheitlich zugestimmt.

## **TOP 19: Verschiedenes**

Keine weiteren Meldungen.

Herr Yaramanci macht darauf aufmerksam, dass mit Ablauf des Tages ein Mitglied nach sechs langen Jahren der Zugehörigkeit aus dem Präsidium ausscheidet. Er dankt im Namen der Mitglieder der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft und auch der „Geo-Community“ Herrn Kümpel aus ganzem Herzen für seine engagierte und umfangreiche Tätigkeit für die DGG.

Herr Kümpel betont, dass ihm die Arbeit für die Gesellschaft große Freude bereitet hat. Er sieht die Gesellschaft mit derzeit fast 1.150 Mitgliedern in einem sehr guten Zustand. Dies zeigen auch die inzwischen gut etablierten C.-F.-Gauß-Lectures und das Ergebnis der Mitgliederbefragung sowie das lebendige Wirken der Arbeitskreise und Komitees. Wir können deshalb sehr zufrieden sein. Er spricht dem Präsidium und den Vorstandsmitgliedern seinen Dank für die gute Zusammenarbeit aus.

Herr Yaramanci drückt der Kölner Tagungsleitung und dem Organisationsteam im Namen der Gesellschaft seinen Dank aus für eine sehr gelungene Jahrestagung.

Herr Yaramanci schließt die Mitgliederversammlung mit einem Hinweis auf den folgenden Abendvortrag.

gez.      U. Yaramanci      B.-G. Lühr  
(Präsident)      (Geschäftsführer)

# Text der Eröffnungsrede des Präsidenten für die Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft 2011 in Köln

**Ugur Yaramanci, Hannover**

Sehr geehrte Anwesende und Teilnehmer der Tagung,

sehr geehrter Bürgermeister der Stadt Köln, Herr Hans-Werner Bartsch, vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit zu unserer Tagung,

sehr geehrter Rektor der Universität zu Köln, Herr Professor Axel Freimuth, vielen Dank, dass wir in Ihrem Hause tagen dürfen,

sehr geehrter Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Herr Professor Hans-Günther Schmalz,

und sehr geehrte Tagungsleiter, liebe Kollegen Herr Professor Saur und Herr Professor Tezkan und Ihr Tagungsteam,

ich begrüße Sie alle mit einem herzlichen Willkommen zu unserer Jahrestagung in Köln und dies mit großer Freude.

## DGG-Geschichte, Emil Wiechert

Gerade bei dieser Jahrestagung haben wir einen Anlass zur besonderen Freude, nicht, weil wir einen runden Jahrestag begehen, sondern wegen eines einmaligen Vorgangs. Auf Betreiben der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft erscheint in diesem Jahr eine Briefmarke für Emil Wiechert, den berühmten Seismologen, Wegweiser in Seismologie und Geophysik als solches und Gründungsmitglied der DGG. Eine kleine Briefmarke, aber mit großem Impakt, um unser Fach in seiner Bedeutung der Öffentlichkeit in Erinnerung zu bringen. Aber nicht nur für die Öffentlichkeit, sondern für uns selber ein Anlass, ein Impuls zu reflektieren, woher die Geophysik kommt und wohin sie geht. Und da kann gerade von Emil Wiechert gelernt und Inspiration geholt werden.

Emil Wiechert, geboren am 26. Dezember 1861 im ostpreußischen Tilsit – daher die Briefmarke zu seinem 150. Geburtstag – gilt als Begründer

des Fachgebietes der Geophysik. Er wurde im Jahr 1898 an der Universität Göttingen auf den weltweit ersten Lehrstuhl für Geophysik berufen und markiert damit den sichtbaren Anfang. Er war es, der mit seinen Entwürfen und Bauten von Seismografen die vielen Entdeckungen über den Aufbau der Erde ermöglichte, nicht nur für den Erkenntnisgewinn als solches, sondern auch im Folgenden zur Entwicklung von Erkundungsverfahren bei der Suche nach Georesourcen, nutzbaren geologischen Strukturen und Materialien, Lagerstätten.

Emil Wiecherts Lehre, ja Schule, brachte viele bedeutende Geophysiker hervor, die den Aufbau und die Weiterentwicklung des Fachs in Deutschland und weltweit mit geprägt haben. Darüber hinaus hat sich Emil Wiechert als Mitbegründer von bis heute bestehenden nationalen und internationalen Wissenschaftsgesellschaften engagiert und war damit einer der führenden Repräsentanten des jungen und schnell wachsenden Fachgebietes. Seine Göttinger Seismografen sind bis heute als Wissenschaftsdenkmale in Betrieb.

Folgerichtig zu seinen Arbeiten gab Emil Wiechert im Jahr 1922 den Anstoß zur Gründung der Deutschen Seismologischen Gesellschaft, zu deren erstem Vorsitzenden er in Leipzig gewählt wurde. 1924 ging daraus unsere, die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG) hervor. Die DGG würdigt diese Leistung und hält die Erinnerung in Ehren durch Benennung ihrer höchsten Auszeichnung für herausragende Arbeiten auf dem Gebiet der Geophysik nach Emil Wiechert.

Und poetischer kann man die Geophysik wohl nicht beschreiben als mit den Worten von Emil Wiechert: „*Ferne Kunde bringt Dir der schwankende Fels - Deute die Zeichen!*“ Diese Zeilen ließ Emil Wiechert im Jahre 1902 über den Eingang des Erdbebenhauses in Göttingen schreiben.

Gern hätten wir Ihnen auch die Briefmarke selbst gezeigt. Die ist aber bis zum Erscheinen später in diesem Jahr unter Verschluss beim Finanzministerium, zuständig für Briefmarken. Aber eins möchten wir schon jetzt tun: Es ist mir ein Bedürfnis, an dieser prominenten Stelle öffentlich allen an der Realisierung der Emil-Wiechert-Gedächtnisbriefmarke Beteiligten als Gesellschaft unseren Dank für ihr Engagement auszusprechen, stellvertretend aber insbesondere unserem Schatzmeister, Herrn Rudloff, dem Motor hinter allem.

#### DGG Geschichte, Angewandte Geophysik, Mintrop

Es ist ja sehr kennzeichnend für die gesamte Geschichte der Geophysik, wie aus grundlegenden Arbeiten und Forschung die Erkenntnisse und Techniken in die breite Anwendung geführt werden. Dieser Teil der Geophysik, die Angewandte Geophysik, steht in direktem Zusammenhang mit dem wirtschaftlichen Wohl der Menschen und beinhaltet die Erkundung von Georesourcen – angefangen mit Erdöl und Erdgas über mineralische Rohstoffe und Grundwasser hin zu der Geoenergie im weiteren Sinne einschließlich der Geothermie, und vieles mehr. Darüber hinaus dient sie dem nachhaltigen Erhalt und Ausbau des Wohlstandes und unserer Lebensqualität und dem schützenden und schonenden Umgang mit unserer Umwelt. Beispielhaft hierfür ist die Weiterentwicklung der Wiechertschen Pionierarbeit zu einem Werkzeug, zu einer Technologie – zur Angewandten Seismologie oder zur Erkundungsseismik durch Ludger Mintrop, einem Schüler von Wiechert.

Es ist sicherlich ein Zufall, aber ein sehr passender, dass wir in diesem Jahr mit dem Aufbau unseres Mintrop-Archivs in Leipzig begonnen haben, nachdem wir letztes Jahr auf einen Schatz, nämlich auf Mintrops Nachlass gestoßen sind – ausgerechnet in der Emil-Wiechert-Erdbebenwarte in Göttingen. Die große Holzkiste, von den Erben zunächst dort zur Aufbewahrung übergeben, beinhaltet Dokumente zur Geschichte der Geophysik in allen Facetten. Von den Skizzen zu ersten Überlegungen zur Refraktionsseismik über Korrespondenzen, Manuskripte, Publikationen, Zeitungen, Kartenmaterial, viele Handzettel und immer wieder Laufzeitkurven und Seismo-

gramme bis hin zu der Korrespondenz der Familien Wiechert und Mintrop.

Ludger Mintrop, geboren 1880 und verstorben 1956, gilt weltweit als Pionier der Seismik und ist sicherlich der bedeutendste angewandte Geophysiker des vergangenen Jahrhunderts. Viele Patente, darunter die berühmte Schrift „Verfahren zur Ermittlung des Aufbaus von Gebirgsschichten“ von 1919, die Gründung der Seismos GmbH 1921, erfolgreiche seismische Kartierungen, angefangen bei Wietze zur Erkundung des Salzdoms Meißendorf, und der Durchbruch mit der erfolgreichen Entdeckung des Orchad Domes in Texas sind die Meilensteine. Von 1928 bis 1948 war Mintrop Professor an der Technischen Hochschule Breslau und an der Technischen Hochschule Aachen, ein Zeichen seiner charismatischen Autorität zwischen Akademie und Industrie. Nicht zuletzt war Ludger Mintrop im Jahre 1922 auch Mitbegründer unserer Gesellschaft und wurde 1950 unser erstes Ehrenmitglied nach dem 2. Weltkrieg.

Auch hier ist es mir ein Bedürfnis, öffentlich unseren Dank als Gesellschaft an alle Beteiligten auszusprechen, zunächst natürlich an die Erben von Mintrop für die Überlassung seines Nachlasses an die DGG, und in der DGG selbst stellvertretend insbesondere an den Verantwortlichen unseres Archivs, Herrn Professor Jacobs, für sein unermüdliches Engagement.

#### Ausbildung und Berufsbild in der Geophysik

Auch wenn wir uns über die Geschichte unserer Gesellschaft freuen und sicherlich auch ein bisschen mit Stolz zurück schauen können, ist unser Blick nach vorne gerichtet.

Woher kommt die Geophysik, wohin geht die Geophysik? „Geophysik ist gefragt und gefordert“, sagte ich schon im letzten Jahr zu der Eröffnung der Jahrestagung und habe dort angekündigt, dass wir uns diesem Thema ein Stück näher widmen wollen. Nicht zuletzt deswegen, weil wir uns Sorgen machen, Sorgen um das Berufsbild und insbesondere um die Ausbildung. Letztes Jahr haben wir in einer Klausur und dann in einer breiten Abstimmung dazu mit einem Positionspapier Stellung genommen.

Unsere Pressemitteilung dazu lautete: Die Heranbildung von Geophysikerinnen und Geophysikern an deutschen Universitäten ist gefährdet. Und das war nicht reißerisch! Schlüsselqualifikationen, wie eine umfassende mathematisch-physikalische Grundausbildung und fundiertes Wissen um die Komplexität von physikalischen Zuständen und Prozessen in Raum und Zeit, haben in vielen der neuen integrativen Studiengänge an Gewicht verloren.

Die sich ändernde Universitätslandschaft mit den neuen Strukturen der Ausbildung in Bachelor und Master und Umstrukturierungen an den Instituten haben dazu geführt, dass es in Deutschland nur noch eine Hand voll grundständige Studiengänge für Geophysik gibt. Viele der früheren Studiengänge sind entweder aufgelöst oder in neuen diversen geowissenschaftlichen Studiengängen aufgegangen. So sehr es zu begrüßen ist, dass die geowissenschaftlichen Studiengänge jetzt vielleicht unüblich viel Geophysik beinhalten, sie ersetzen den voluminösen Studiengang für Geophysik nicht. Und dies, wo es gerade jetzt und demnächst umso mehr einen großen Bedarf an Geophysikern gibt.

Unser Appell kann nur sein, dass wir uns in Zukunft für die Einrichtung von mehr Studiengängen für Geophysik engagieren sollten, dann aber auch dafür Sorge tragen, dass, wo Geophysik drauf steht, auch Geophysik drin ist. Ein Maß für den Umfang und Inhalt für Curricula, wohl mit lokal bedingter und erlaubter Variabilität, ist in unserem Positionspapier aufgestellt worden. Die DGG empfiehlt den Verantwortlichen an den Hochschulen dringend, in der Ausbildung von Studierenden des Faches Geophysik den Anteil der Fächer Mathematik und Physik wieder deutlich anzuheben, und hier keine Kompromisse einzugehen.

#### DGG heute, Veranstaltungen

Soweit der Blick in die Geschichte und in die Zukunft – und was ist heute mit der DGG? Wir erweitern unsere Aktivitäten. Unsere Jahrestagung findet gemeinsam mit der Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Forschung (AEF) und dem Fachverband Extraterrestrische Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft statt. Wir machen dies sehr gern - wieder einmal nach

2003 in Jena. Die Schnittstellen sind inspirierend und nützlich.

Unserer Jahrestagung folgt in unmittelbarem Anschluss am Freitag der internationale Workshop „Geophysics for Deep Geothermal Energy“, veranstaltet von uns gemeinsam mit der European Association of Geoscientists and Engineers. Wir sind sehr froh, in dieser Weise zu unseren Jahrestagungen eine Anschlussveranstaltung zu etablieren, immer speziell für die Anwendung bzw. Nutzung der Geophysik zu einem sehr aktuellen Thema und Bedarf, und dies international.

#### DGG in Köln, Dank an Organisatoren

Die 48. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft im Jahr 1988 war in Köln. Nach 23 Jahren kehren wir zurück nach Köln. Wir haben dieses Mal etwa 400 wissenschaftliche Beiträge, Vorträge und Poster, unsere Ausstellung mit Firmen und Institutionen und rechnen mit gut 500 Teilnehmern aus dem In- und Ausland. Wir werden die Tage hier in Köln sehr gut nutzen, mehr über unsere Arbeiten erfahren und kritisch diskutieren, unser Wissen und unsere Erkenntnisse erweitern sowie unseren Beitrag zur Lösung von lokalen und globalen Problemen mit Geophysik leisten.

Wir wissen, dass sich die lokalen Organisatoren und die vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Tagung um die Tagungsleiter, die Herren Kollegen Saur und Tezkan herum, schon sehr viel Mühe gegeben haben und die kommenden Tage umso mehr geben werden. Wir bedanken uns für diese viele nicht leichte Arbeit. Lassen Sie uns all diese Mühe mit unserer aktiven Teilnahme und mit unseren Beiträgen belohnen.

Ich wünsche uns eine erfolgreiche, interessante und produktive Tagung und – der Tradition folgend – erkläre ich nun die 71. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft für eröffnet.

# Laudatio zur Verleihung der Emil-Wiechert-Medaille an Prof. Fritz M. Neubauer

## Karl-Heinz Glaßmeier, Braunschweig

Liebe Frau Neubauer, lieber Herr Neubauer, liebe Kolleginnen und Kollegen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft!

Anlässlich der diesjährigen Verleihung der Emil-Wiechert-Medaille, der höchsten Auszeichnung unserer Gesellschaft, freue ich mich, Ihnen Fritz Manfred Neubauer vorstellen zu dürfen.

Kennengelernt habe ich Fritz Neubauer 1978 auf der Jahrestagung unserer Gesellschaft in Münster. Zu Beginn einer Vortragssitzung saß ich neben einem, aus meiner damaligen Sicht, älteren Herrn, der mich plötzlich ansprach, auf eine gerade den Hörsaal betretende Person hinwies und mit Stolz vermerkte: „Da kommt mein bester Mann!“. Und dann fing er an zu schwärmen, berichtete mir von einem jungen Wissenschaftler, der seine Diplomarbeit 1963 über Teufel, genauer Staubteufel auf dem Mars geschrieben und bereits mit 27 Jahren einen international beachteten Workshop über das Jupitersystem 1967 in Celle organisiert hatte. Der ältere Mann war Walter Kertz, sein bester Mann Fritz Neubauer, den wir heute hier ehren können.

Will man das wissenschaftliche Werk von Fritz Neubauer charakterisieren, dann könnte dies mit der Maxime „Wellen und Wechselwirkungen“ nicht treffender formuliert werden. Promoviert wurde Herr Neubauer 1969 an der Technischen Universität Braunschweig mit einer theoretischen Arbeit über Stoßwellen in einem anisotropen Plasma, wie es z.B. das Sonnenwindplasma darstellt. Gute Theorie benötigt aber zwingend gute Messungen und Beobachtungen. Folgerichtig erweiterte Fritz Neubauer sein Interessengebiet in Richtung Beobachtungen und wurde mit den Starts in den Jahren 1974 und 1976 Hauptexperimentator der Magnetometerexperimente der beiden Satelliten der deutsch-amerikanischen Sonnenmission HELIOS.

Zahlreiche Studien über Plasmawellen und Turbulenz im Sonnenwindplasma entstanden in dieser Zeit. Als besonders herausragend sind hier Herrn Neubauers Arbeiten über die nicht-lineare Wechselwirkung von Tangentialdiskontinuitäten und Stoßwellen zu nennen, Studien, die die Grundlage für seine Habilitationsschrift bildeten. Die Habilitation erfolgte 1973 für die Fächer



Prof. Karl-Heinz Glaßmeier, Prof. Ugur Yaramanci, Frau Neubauer, Prof. Fritz M. Neubauer, Prof. Joachim Saur & Prof. Bülent Tezkan

Foto: Pritam Yugeswar

Geophysik und Meteorologie. Und erst kürzlich erhielt ich die Anfrage aus Südamerika, ob ich nicht eine Kopie dieser äußerst anspruchsvollen Arbeit zur Verfügung stellen könne. Meinen Einwand, diese Studie sei in deutscher Sprache verfasst, wischte der junge Doktorand mit dem Argument seines Betreuers zur Seite, diese Arbeit müsse er gelesen haben. Und seine Mutter müsse sie ihm halt übersetzen. Ich habe viel Spaß gewünscht!

Nun gibt es nicht nur Tangentialdiskontinuitäten und Stoßwellen im Sonnenwind, die miteinander wechselwirken können. Auch jeder planetare Körper, also jeder Planet, Asteroid, Mond oder Komet wird vom Sonnenwind umströmt und bildet eine Wechselwirkungszone aus, die wir im Falle der Erde Magnetosphäre nennen. 1980 veröffentlichte Herr Neubauer seine theoretischen Studien über die Wechselwirkung des Jupitermondes Io mit dem Plasma der Jupitermagnetosphäre. Diese Studie umfasst eine vollständige nicht-lineare Behandlung des Io-Wechselwirkungsproblems. Und diese Arbeit ist seither eine der kanonischen Studien über die Wechselwirkung von planetaren Körpern mit dem sie umgebenden Plasma überhaupt. Immer wenn ich geglaubt hatte, das Problem verstanden zu haben und dann die Neubauersche Arbeit abermals zur Hand nahm, entdeckte ich Neues. Eine unbedingte Leseempfehlung an Sie!

Neues entdeckte Fritz Neubauer 1986: einen gigantischen magnetischen Hohlraum um den Kometen Halley. Als „Principal Investigator“ des Magnetometerexperimentes der europäischen GIOTTO-Mission zum Kometen Halley gelang es ihm erstmals, die Existenz der so genannten „magnetic cavity“ nachzuweisen. Sobald ein Komet in Sonnennähe kommt, sublimiert das Eis an der Kometenoberfläche und es kommt zu einer intensiven Ausgasung. Das Sonnenwindplasma und mit ihm das interplanetare Magnetfeld können dann nicht bis zum Kometenkern vordringen, ein magnetfeldfreier Raum entsteht um den Kern herum. Im Falle Halleys beträgt der Radius dieses magnetischen Loches etwa 4500 km. Leider ist es sehr fragil und existiert im Moment nicht mehr, da Halley wieder in die Weiten unseres Sonnensystems entchwunden ist. Aber in etwa 50 Jahren kommt der Komet wieder in Sonnennähe.

Die Jüngeren unter uns haben dann hoffentlich die Gelegenheit, Neubauers magnetischen Hohlraum weiter untersuchen zu können.

In der Wechselwirkungsregion Halleys entdeckte Fritz Neubauer 1990 auch erstmals sogenannte „mass loading shocks“, Stoßwellen, deren Eigenschaften wesentlich durch die Beladung des Sonnenwindes mit Ionen kometaren Ursprungs bestimmt sind. Da Massenbeladungen in astrophysikalischen Plasmen bedeutsam sind, hat Neubauers Pionierarbeit zahlreiche weitere theoretische und experimentelle Arbeiten angestoßen. Wechselwirkungen sind auch Themen jüngerer Arbeiten von Fritz Neubauer. Zu nennen ist hier insbesondere seine 1998 erschienene Studie über die Wechselwirkung der Jupitermonde Callisto, Io, Europa und Ganymed mit dem Plasma der Jupitermagnetosphäre. Alle diese Galileischen Monde sind aufgrund ihrer Kepplerbewegung um Jupiter und der Neigung des magnetischen Dipolmomentes des Jupiters einem sich zeitlich ändernden Magnetfeld ausgesetzt. Diese besondere Situation hat Neubauer sehr intensiv untersucht und erstmals vorgeschlagen, die dadurch bedingten Induktionseffekte zu nutzen, um die innere Struktur dieser Monde zu studieren, insbesondere zu prüfen, ob ein elektrolytischer Ozean unterhalb der Eiskruste des Ganymed nachweisbar ist. Zahlreiche Arbeiten haben diese Idee später aufgegriffen, denn ein unterhalb einer Eiskruste liegender Ozean wäre ein möglicher Ort für biogene Aktivität. Im Moment planen die ESA und NASA eine Mission in das Jupitersystem, um gerade dieser Frage nachzugehen. Etwa in 20 Jahren könnten wir dann Fritz Neubauers methodische Ansätze nutzen, um die Existenz eines solchen Ozeans zu überprüfen.

Titan, der größte der Monde des Saturns, ist momentan wohl das wissenschaftliche Lieblingsobjekt von Fritz Neubauer. Die CASSINI/Huygens-Mission liefert eine Fülle von neuen Beobachtungen und Tatsachen, deren Interpretation er sich stellt. Lesen Sie die Arbeiten selber – „Neubauer at his best!“

Fritz Neubauer hat sich aber nicht nur mit Fragen der Weltraumgeophysik beschäftigt, sondern sich auch sehr erfolgreich Fragen der angewandten und allgemeinen Geophysik zugewendet. Die beiden Plenarvorträge seiner Schüler Kurt

Strack und Andreas Hördt legen auch Zeugnis ab von der wissenschaftlichen Breite und den Förderqualitäten ihres Lehrers. Auf Details will ich hier nicht eingehen, doch eine Anekdote Ihnen nicht vorenthalten: Ein zu seiner Zeit international führender Geodynamiker besucht das Kölner Institut. Natürlich hat er auch einen Termin bei Fritz Neubauer, einem Kollegen, von dem er meinte, er sei nur an Plasmen interessiert. Nach längerem Gespräch kam er begeistert, aber auch ein wenig irritiert zu uns Assistenten zurück und berichtete: „He knows as much about mantle convection as I do!“.

Die Verleihung der Emil-Wiechert-Medaille an eine solchermaßen erfolgreiche und ausgewiesene Forscherpersönlichkeit wie Fritz Manfred Neubauer ist eine sehr gute Entscheidung des Präsidiums unserer Gesellschaft und Herrn Neubauer damit in eine Reihe zu stellen mit Julius Bartels, Ludwig Biermann und Norman Ness ist mehr als gerechtfertigt. Lieber Herr Neubauer, Ihnen darf ich aus ganzem Herzen zu dieser Auszeichnung gratulieren!

Köln, 21. Februar 2011

## Ehrungen und Auszeichnungen auf der DGG-Tagung 2011

Im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung am 21. Februar 2011 wurde Prof. Dr. Fritz M. Neubauer (Köln) für seine herausragenden Arbeiten auf dem Gebiet der Geophysik mit der Emil-Wiechert-Medaille, der höchsten Auszeichnung der DGG, geehrt.

Der Günter-Bock-Preis wurde in diesem Jahr an Dr. Marcus J. Beuchert (Frankfurt) verliehen. Die DGG vergibt den Günter-Bock-Preis seit 2006 an junge Geophysikerinnen oder Geophysiker für eine hervorragende wissenschaftliche Publikation auf dem Gebiet der Geophysik und erinnert damit an ihr langjähriges Mitglied und den DGG-Editor des „Geophysical Journal International“ Günter Bock. Der Preis würdigt Herrn Beucherts hervorragende Publikation „Viscoelastic mantle convection and lithospheric stresses“, die er 2010 zusammen mit Yuri Y. Podladchikov in der Zeitschrift „Geophysical Journal International“ (183, 1: 35-63) publiziert hat.

Auf der Abschlussveranstaltung der Tagung am 24. Februar 2011 wurden wieder die besten Vortrags- und Posterpräsentationen der unter 32-jährigen (u32) Autoren der DGG-Tagung 2011 prämiert. Geehrt wurden für ihre Vorträge:

Daniel Verscharen (Katlenburg-Lindau) für den Beitrag von Daniel Verscharen & E. Marsch: „Schwach kompressive, hochfrequente Wellen im inhomogenen Multifluid-Plasma“, Dr. Susann Berthold (Dresden) für ihren Beitrag „Doppeldeutigkeit von Stufenstrukturen und Sprünge in Temperatur- und Wasserleitfähigkeitslogs“ sowie Ronald Freiboth (Berlin) für den Beitrag von Ronald Freiboth, B. Ullrich, I. Beilke-Voigt, G. Kaufmann & R. Kirsch: „Multigeophysikalische Prospektion am Burgwall Lossow“.

Einen Preis für ihre Posterpräsentationen erhielten: Daniel Heyner (Braunschweig) für sein Poster „Feedbackdynamo des Merkur“, Nicole Guldemeister (Berlin) für das Poster der Autoren Nicole Guldemeister, N. Durr, K. Wünnemann & S. Hiermayer: „The effect of porosity on crater formation and shock wave propagation in laboratory experiments - insight from numerical modeling“, sowie Anne Schreiner (Köln) für das Poster von Anne Schreiner & J. Saur: „Frequenz-Wellenvektor-Korrelation anisotroper Sonnenwindturbulenz“. Die Ehrungen wurden jeweils vom Präsidenten der DGG vorgenommen.

(nach GMIT Nr. 44, Juni 2011, S. 38-39 )



Fotos: Pritam Yugeswar

Dr. Marcus J. Beuchert bedankt sich für die Verleihung des  
Günter-Bock-Preises



Ehrung der besten Poster (von links: Prof. Eiko Räkers, Nicole Guldemeister, Daniel Heyner, Anne Schreiner)



Ronald Freibothe freut sich über seinen Vortragspreis



Daniel Verscharen wird für seinen Vortrag ausgezeichnet

# Impressionen von der DGG - Tagung 2011 in Köln



Fotos: Pritam Yogeshwar





# Internationaler DGG/EAGE-Workshop „Geophysics for Deep Geothermal Energy“

Dirk Orlowsky, DMT GmbH & Co. KG, Essen

Im Anschluss an die 71. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) fand am 25. Februar 2011 der Internationale DGG/EAGE-Workshop statt (EAGE: European Association of Geoscientists & Engineers). Ein vergleichbarer Workshop wurde bereits im Jahre 2010 in einer Kooperation zwischen der DGG und der Society of Exploration Geophysicists (SEG) durchgeführt. Insgesamt nahmen etwa 80 interessierte Personen aus ganz Europa teil. Die Initiatoren des Workshops, Prof. Dr. Ugur Yaramanci und Prof. Dr. Eiko Räkers, hatten sich für den diesjährigen Workshop das Thema „Tiefe Geothermie“ ausgesucht. Aufgrund des Erfolges der Veranstaltungen in den letzten beiden Jahren plant die DGG, weitere Internationale Workshops mit den Themen „Geophysics for...“ im Anschluss an DGG-Tagungen und unter Einbindung von entsprechenden Partnerorganisationen auch in den Folgejahren durchzuführen.

In den Vorträgen wurden die geophysikalischen Verfahren und Techniken hervorgehoben, die im Umfeld der Geothermie Anwendung finden, sowie entsprechende Ergebnisse vorgestellt. Tiefer beleuchtet wurden die Themenkomplexe „Geophysical Exploration“, „Reservoir-development“, „Stimulation and Monitoring“ sowie „Database, Resource Assessment and Modelling“. Welche Verfahren bei geophysikalischen Untersuchungen und welche Techniken bei der anschließenden Wärmegewinnung eingesetzt werden, hängt von den geologischen Voraussetzungen am Standort eines geothermalen Reservoirs ab, von der benötigten Energiemenge und vom Temperaturniveau der Wärmenutzung.

Für die reine Wärmenutzung sind Temperaturen von bis zu ca. 100 °C geeignet (Strom lässt sich in diesen Temperaturbereichen noch nicht effizient nutzen). Für diese Wärme gibt es eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten, wie z. B. die Versorgung von großen Gebäudekomplexen sowie die Nah- oder Fernwärmennutzung. Bei

höheren Temperaturen ist mit Hilfe der ORC-Technik (Organic Rankine Cycle) oder mit der Kalina-Technik eine Stromerzeugung möglich. Erste geothermische Kraftwerke dieser Art gibt es z.B. in Unterhaching oder Landau.

In vielen Regionen Mitteleuropas liegen keine „günstigen“ hydrothermalen Verhältnisse vor. Deshalb spielt für die zukünftige Nutzung der tiefen Geothermie das „Enhanced Geothermal Systems“-Verfahren (EGS), auch „Hot Dry Rock“ (HDR) genannt, eine zentrale Rolle. Hierbei werden trockene Gesteinsformationen mit produktivitätssteigernden Maßnahmen zur Wirtschaftlichkeit geführt.

Eines der Haupthemen innerhalb des Workshops war die Vorstellung der Ergebnisse von geophysikalischen Beobachtungen im Bereich der Bohrungen Soultz-sous-Forêts (Oberrheingraben). Im Sommer 2008 ging mit dem Forschungsprojekt in Soultz-sous-Forêts erstmals ein geothermisches Kraftwerk in Betrieb, das die im Tiefengestein gespeicherte Wärme nutzt. Im Unterschied zu hydrothermalen Anlagen wurden in dieser Anlage in 5000 m Tiefe vorhandene Risse und Spalten im 200 °C heißen Granit durch Wasserinjektion erweitert und zu einem geologischen Wärmetauscher verbunden. Die gewonnene Wärmeenergie wird obertägig zur Stromerzeugung und Wärmeversorgung genutzt. Damit fand ein von der EU gefördertes Forschungsprojekt einen erfolgreichen





Abschluss. So lassen sich zukünftig auch geologische Wärmereservoirs zur Energieversorgung nutzen, die bislang wegen fehlender oder unzureichender Thermalwasserzirkulation für die Energieversorgung nicht oder nur mit Einschränkungen in Betracht kamen.

In seinen einleitenden Worten zum Workshop bemerkte Prof. Dr. Räkers, Präsident der DGG, dass, obwohl eine stark steigende Energieproduktion aus geothermalen Quellen für Deutschland in den nächsten Jahren erwartet wird, Geothermie im Energiestrategiepapier der Bundesregierung (veröffentlicht im September 2010) eher eine untergeordnete Rolle spielt. Der Anstieg der Energieproduktion aus geothermalen Quellen in Deutschland resultiert aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) welches eine Förderung der Verwendung von Strom, generiert aus nichtfossilen Rohstoffen wie z.B. der Geothermie, vorsieht.

In seinem Grußwort zum Workshop stellte Ernst Christoph Stolper, Abteilungsleiter im Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW), heraus, dass NRW, verglichen mit anderen Bundesländern wie z.B. Bayern oder Baden-Württemberg geologisch nicht so gute Bedingungen hinsichtlich der tiefen Erdwärmennutzung in Kombination mit geothermischen Kraftwerken aufweist. Da NRW über keine großen, heißen und ergiebigen Thermalwasserquellen verfügt, müssen die geothermischen Potenziale über EGS-Techniken erschlossen werden. Für eine umweltfreundliche geothermischen Wärmenutzung sorgen derzeit eine Vielzahl von Wärmepumpen. Insbesondere

besitzt NRW mit warmen Grubenwässern ein noch nicht vollständig erschlossenes geothermisches Potenzial.

Innerhalb des Vortragsblocks „Geophysical Exploration“ wurde hervorgehoben, dass insbesondere die Reflexionsseismik dort eingesetzt wird, wo es zunächst gilt, ein tiefes geothermisches Reservoir aufzufinden und geologisch zu beschreiben. Bevor eine Tiefbohrung erstellt wird, ist zur Reduktion des Fündigkeitsrisikos ein dreidimensionales Abbild mit Techniken, die bereits routinemäßig in der Erdöl-/Erdgasindustrie eingesetzt werden, zu erstellen. Ergebnisse des Einsatzes der 3D-Reflexionsseismik in unterschiedlichen Regionen, wie in den USA oder in Italien, wurden vorgestellt. Ein Schwerpunktthema war die Präsentation der Ergebnisse einer 3D-seismischen Exploration im Bereich des süddeutschen Molassebeckens. Hier konnten Verwerfungen, Riffstrukturen und Verkarstungsgebiete detektiert und zu einem anschaulichen Modell des Reservoirs zusammengefasst werden. Die Ergebnisse aus seismischen Techniken können mit den Resultaten aus anderen geophysikalischen Messungen leicht verknüpft werden. Insbesondere ist dies dann notwendig, wenn Porositäten, Permeabilitäten oder auch Flüssigkeitsgehalte eine entscheidende Rolle spielen. Elektrische Leitfähigkeitswerte des Untergrundes werden aus magnetotellurischen Messungen ermittelt und mit seismischen Geschwindigkeiten gemeinsam analysiert. Hieraus lassen sich schnell die gewünschten Parameter, auch in großen Tiefen, abschätzen.

Bei der Entwicklung eines geothermischen Reservoirs ist die Stimulation von Wasserzirkulationen durch die Erzeugung von Rissen sowie die Beobachtung der Rissausbreitung von großer Bedeutung. Konzepte zur Risserzeugung in gering-permeablen Gesteinen wurden während des Workshops vorgestellt, auch wurden die Beobachtungstechniken des Reservoirumfeldes durch passives seismisches Monitoring präsentiert. Die Ergebnisse der neuartigen Technik „Cumulative Shear Slip Mapping“ (CSSM) zeigten, dass Scherzonen sich über mehrere Zentimeter in der Nähe der Injektionsbohrung ausbreiten. Weiter konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe eines mikroseismischen Monitorings die Flüssigkeitstransporteigenschaften und die



Gesteinspermeabilitäten eines Reservoirs abgeschätzt werden können.

Geophysikalische Messtechniken werden auch zur Abschätzung der Ausdehnung eines Reservoirs, seiner Nutzbarkeit zur Gewinnung von geothermischer Energie sowie zur Risikoabschätzung von seismischen Ereignissen im Umfeld einer geplanten Geothermieanlage eingesetzt. Risikoabschätzungen werden insbesondere nach den Erfahrungen in Basel

(Schweiz) sowie Landau (Deutschland) von der Öffentlichkeit gefordert. Typischerweise wird die Bevölkerung im Umfeld einer geothermischen Anlage immer dann aktiv, wenn induzierte seismische Ereignisse zu wahrnehmbaren Erschütterungen an der Erdoberfläche führen. Daher wird insbesondere auch von den geophysikalischen Techniken verlangt, einen Beitrag bei der Abschwächung von möglichen Umwelteinflüssen einer Geothermieanlage durch die Reduktion von induzierten seismischen Ereignissen sowie bei der Optimierung des EGS-Verfahrens durch eine Verbesserung der Permeabilität im tiefen Untergrund zu leisten. Eine verbesserte Kenntnis des Reservoirumfeldes hinsichtlich der hydraulischen und thermischen Eigenschaften führt zu einer Minimierung des Explorationsrisikos. Daher sind projektbegleitende und umfassende geophysikalische Erkundungen in jeder Phase der Reservoirerkundung, -entwicklung und -betreibung vorzunehmen, um eine kontinuierliche Verbesserung des Reservoirmodells zu erzielen und ggf. Gegenmaßnahmen bei erkannten Risiken einzuleiten.

## Workshop Organising Committee

DGG president:

**Prof. Ugur Yaramancı**

(Leibniz Institute for Applied Geophysics)

DGG Vice-president:

**Prof. Eiko Räkers**

(DMT GmbH & Co. KG)

Committee Chairman:

**Dr. Dirk Orlowsky**

(DMT GmbH & Co. KG )

**Dr. Rüdiger Misiek**

(DMT GmbH & Co. KG )

**Prof. Bülent Tezkan**

(University of Cologne )

**Dr. Rüdiger Schulz**

(LIAG )

**Mr. Leonard Thien**

(EnergieRegion NRW )

**Prof. Michael Weber**

(GFZ )

**Prof. Dr. Horst Rüter**

(HarbourDom)

**Dr. Rüdiger Thomas**

(LIAG)

**Dr. David Bruhn**

(GFZ)

**Dr. Peter Fokker**

(TNO)

# Programme DGG / EAGE Workshop „Geophysics for Deep Geothermal Energy“, 25 February, 2011

## 09.00 hrs Welcome

Eiko Räkers (Representative of the DGG)

Dirk Orlowsky (Representative of the Technical Committee)

Ernst-Christoph Stolper (Ministry for Climate Protection, Environment, Agriculture, Nature Conservation and Consumer Protection of the German State of North Rhine-Westphalia)

## Revue talk

Geophysics as a Tool for Supporting the Development and Operation of Geothermal Power Plants - Jörg Baumgärtner (BESTEC GmbH)

10.00 hrs Coffee/tea break

## Geophysical Exploration

*Chairperson: Michael Weber*

10.30 hrs Reflection Seismic Methods for Deep Geothermal Exploration - Alfredo Mazzotti (Enel)

11.00 hrs 3D Seismic Exploration of a Carbonate Geothermal Reservoir in Southern Germany - Hartwig von Hartman (LIAG)

11.30 hrs Joint Seismic and Magnetotelluric Exploration around the Geothermal Research Well Gross Schönebeck (NE German Basin) - Klaus Bauer & Gerard Muñoz (GFZ)

12.00 hrs Lunch

## Reservoir Development, Stimulation and Monitoring

*Chairperson: Horst Rüter*

13.00 hrs Stimulation Concepts for Low Permeable Rock - Torsten Tischner & Stefanie Krug (BGR)

13.30 hrs Passive Seismic Monitoring: Mapping Enhanced Fracture Permeability - Stefan Baisch (Q-con)

14.00 hrs Quantitative Understanding of Microseismicity for Reservoir Characterization and Development - Serge Shapiro (FU Berlin)

14.30 hrs Coffee/tea break

## Database, Resource Assessment and Modeling

*Chairperson: Rüdiger Schulz*

15.00 hrs Integrative Geothermal resource Assessment - Thomas Kohl (KIT)

15.30 hrs Geothermal Energy Production: Issues in Coupled Modeling and Data Assimilation - Peter Fokker (TNO)

16.00 hrs Using the Migration of the Induced Seismicity as a Constraint for Fractured Hot Dry Rock Reservoir Modeling - Dominique Bruel (ENSM Paris)

16.30 hrs MeProRisk: A Comprehensive Approach to Exploring, Developing and Operating Geothermal Reservoirs - Christoph Clauser (RWTH Aachen)

## Closing Remarks

Eiko Räkers (Representative of the DGG)

## 6. C.-F.-Gauß-Lecture mit Heidrun Kopp – EGU-Tagung Wien 2011

Alexander Rudloff & Birger-Gottfried Lühr (Potsdam)

Am 6. April 2011 fand im Rahmen der EGU General Assembly in Wien die 6. C.-F.-Gauß-Lecture der DGG statt. Frau Professor Heidrun Kopp vom Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR) an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel berichtete in ihrem Vortrag über „Sailing the seven seas: from seafloor images into the seismogenic zone“.

In ihrem Vortrag beschäftigte Heidrun Kopp sich mit der Frage, welche Auswirkungen strukturelle Unterschiede einzelner Subduktionssysteme auf die seismische Aktivität haben. Dabei kommen marine geophysikalische Methoden zum Einsatz, um im Rahmen von Forschungsfahrten ein möglichst genaues Abbild des Meeresbodens als auch des „Innenlebens“ konvergenter Plattenränder zu erhalten. Anhand von Beispielen unterschiedlicher aktiver Kontinentalränder diskutierte die Referentin, wie sich die Struktur und Geometrie der Verwerfungszone in der teils komplexen Segmentierung eines Plattenrandes abbilden und welche Kontrolle diese Segmentierung auf die Entstehung von Starkbeben sowie Tsunamis hat. Mit anschaulichen Grafiken und eindrucksvollen Bildern belegte Frau Kopp ihre kurzweiligen Ausführungen.

Auch diesmal fand im Vorfeld des Vortrags ein kleiner Empfang für Mitglieder und Freunde der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft



Fotos: A. Rudloff

statt. Über 100 Gäste nahmen die Gelegenheit zum Austausch bei einem kleinen Imbiss und Getränken war. Zum Vortrag konnte der Schatzmeister, in Vertretung des neuen Präsidenten, dann etwa die gleiche Anzahl Zuhörer begrüßen.

Die DGG bedankt sich ganz herzlich bei der RF Forschungsschiffahrt GmbH, Bremen, die die diesjährige Veranstaltung exklusiv mit einer großzügigen Spende unterstützt hat.

Die Präsentation der C.-F.-Gauß-Lecture von Heidrun Kopp ist auf den Internetseiten der DGG unter >C.F. Gauss-Lecture< zu finden, ebenso wie die Beiträge der vergangenen Jahre seit 2006.

Der Termin für die 7. C.-F.-Gauß-Lecture steht bereits fest: Mittwoch, 25. April 2012, 18:00 Uhr – EGU-Tagung Wien. Alle interessierten DGG-Mitglieder und Freunde der DGG dürfen sich diesen Abend bereits vormerken.



# **FKPE ARGE Bohrlochgeophysik und Gesteinsphysik**

## **1. Ankündigung 11. Workshop der FKPE Arbeitsgemeinschaft**

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

wir möchten Sie herzlich einladen zum 11. Workshop der FKPE ARGE, der in **Hannover** am **06. und 07. Oktober 2011** in den Räumen des GeoZentrums (Stilleweg 2) stattfinden wird.

Dieser Workshop ist die Plattform für Bohrlochgeophysiker und Gesteinsphysiker aus Industrie und Forschung. Hier findet Austausch statt; hier können Sie Ihre Aktivitäten vorstellen; hier wird gemeinsam über neue Entwicklungen und Projekte diskutiert. Am ersten Tag des diesjährigen Workshops stehen Beiträge zum Schwerpunktthema **Stress und Gebirgsmechanik** im Mittelpunkt. Am zweiten Tag sind alle Themen aus dem Bereich Bohrlochgeophysik und Gesteinsphysik herzlich willkommen. Anmeldungen für diesen Workshop sind bereits jetzt herzlich willkommen. Ein Vortrags- oder auch Diskussionsthema reichen Sie bitte möglichst frühzeitig ein, spätestens aber (und am besten per E-Mail)

**bis zum 01. September 2011.**

Nutzen Sie diese Gelegenheit, sich mit Ihren Kolleginnen und Kollegen auszutauschen. Ein Teilnehmerbeitrag wird für diesen Workshop nicht erhoben. Aktuelle Informationen werden bereitgestellt unter <http://www.fkpe.org> (Arbeitskreise), der Homepage des FKPE.

Wir freuen uns, Sie im Herbst wieder zu sehen und verbleiben mit den besten Wünschen für ein erfolgreiches Jahr 2011

Ihre

Christian Bücker und Thomas Wonik  
[Christian.buecker@rwe.com](mailto:Christian.buecker@rwe.com) [thomas.wonik@liag-hannover.de](mailto:thomas.wonik@liag-hannover.de)



**Leopoldina**  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

Teilsektion  
Geophysik/Meteorologie



**Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.**

Arbeitskreis Geschichte der Geophysik  
Arbeitskreis Angewandte Geophysik  
Archiv der DGG

**UNIVERSITÄT LEIPZIG**  
Fakultät Physik und Geowissenschaften



Institut für Geophysik und Geologie

## *Einladung zum Kolloquium*



### **LUDGER MINTROP (1880 – 1956)** *Pionier der Seismik*



#### *Programm*

#### *Grußworte der DGG*

#### *Vorträge*

Franz Jacobs (DGG-Archiv)

Zum Lebensweg eines Seismologen

Helmut Gaertner (Leipzig)

Von der Analog- zur Digitalseismik / Erinnerungen

Bodo Lehmann (DMT Essen)

Die Mintrop-Welle und moderne Explorationsverfahren

Andreas Schuck (GGL Leipzig)

Trends der Angewandten Seismik

Michael Korn (Uni Leipzig)

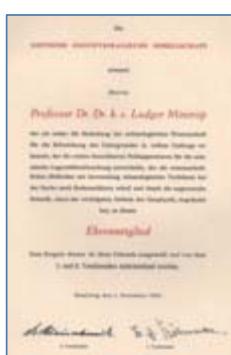
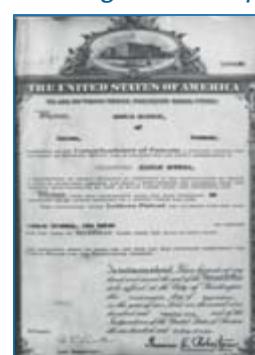
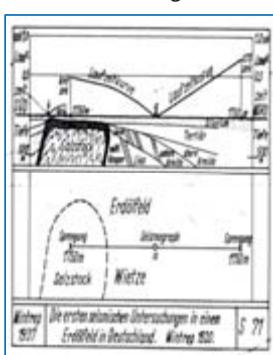
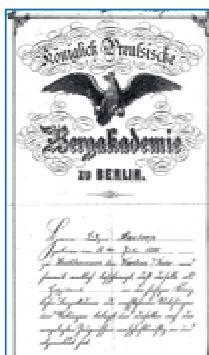
Von der aktiven Seismik zur passiven seismischen Interferometrie

Termin: Donnerstag, 24. November 2011, 14-17 Uhr

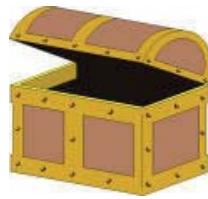
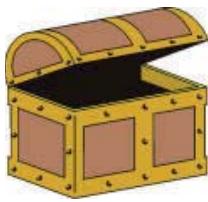
Ort: 04103 Leipzig Talstraße 35 Hörsaal 2, 1. Etage

Kontakt: [geoarchiv@uni-leipzig.de](mailto:geoarchiv@uni-leipzig.de), [geologie@uni-leipzig.de](mailto:geologie@uni-leipzig.de), [www.geo.uni-leipzig.de](http://www.geo.uni-leipzig.de) (mit Anfahrtsskizze)

*Das MINTROP-Kolloquium wird begleitet von einer Ausstellung des Archivs der DGG mit persönlichen und wissenschaftlichen Originaldokumenten aus dem Nachlass Ludger Mintrop.*



*Poster zu Ludger Mintrop und zur historischen Entwicklung der Seismik sind willkommen.*



## Nachrichten des Schatzmeisters

Sehr geehrte Mitglieder der DGG.

### Immer mehr neue Mitglieder in der DGG!

Der Zustrom neuer Mitglieder in die DGG hält weiter an. Viele nutzen die Jahrestagung zum Beitritt. Momentan hat unsere Gesellschaft 1.144 Mitglieder (Stand: 27.5.2011).

### Neue Mitglieder

Bitte heißen Sie wie immer an dieser Stelle unsere neuen Mitglieder herzlich willkommen (Stand – 27.5.2011):

### Beiträge für 2011 wurden eingezogen

Die Lastschrifteneinzüge der Mitgliedsbeiträge 2011 (650!) wurden bis Mitte Mai nahezu vollständig erfolgreich abgearbeitet. In Einzelfällen wird sich der Schatzmeister wegen neuer Kontoverbindungen mit den betreffenden Mitgliedern in Verbindung setzen.

### Beitragsrückstände 2009, 2010 und 2011

Sofern Sie nicht am Einzugsverfahren teilnehmen, überprüfen Sie bitte sicherheitshalber, ob Ihre Beiträge der letzten Jahre gezahlt wurden. Im Moment ergibt sich bezüglich der Beitragsrückstände folgendes Bild:

2009 – 3,2 % Beiträge unbezahlt,  
2010 – 5,6 % Beiträge unbezahlt,  
2011 – 11,0 % Beiträge unbezahlt.

Als Organisation, deren Einnahmen nahezu ausschließlich aus Mitgliedsbeiträgen resultieren, ist die DGG auf pünktliche Zahlungen angewiesen.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen wie immer gerne zur Verfügung:

Telefonisch:	0331 / 288 10 69
Mobil:	0162 / 107 11 57
Per Fax:	0331 / 288 10 02
Elektronisch:	<a href="mailto:rudloff@gfz-potsdam.de">rudloff@gfz-potsdam.de</a>

Mit freundlichen Grüßen

Alexander Rudloff

### Kontakt zu Mitgliedern gesucht

Wer kennt die aktuellen Adressdaten von:

Sachdienliche Informationen sind willkommen und werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

[Aus Datenschutz-Gründen erscheinen in der Internet-Version keine Namen und Adressen von DGG-Mitgliedern].

# AUS DEM ARCHIV



*Das Archiv der DGG sammelt und bewahrt das Schriftgut der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft sowie weitere ausgewählte schriftliche und gegenständliche Sachzeugnisse der historischen Entwicklung der Geophysik in Deutschland. Es bietet gleichzeitig die Möglichkeit zur Aufbewahrung von historisch wertvollen geophysikalischen Geräten und Karten sowie von Ergebnisberichten, Patentschriften und persönlichen Nachlässen.*

*Das Archiv hat seinen Sitz in 04103 Leipzig, Talstraße 35. Es befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Gründungsbau der DGG von 1922, dem im Kriege 1943 zerstörten ehemaligen Gebäude des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig, Talstraße 38. Es ist telefonisch erreichbar unter 0341/9732900 (E-Mail: geoarchiv@uni-leipzig.de).*

**51° 19' 54.50“ N, 12° 23' 05.00“ O**

**Franz Jacobs (Leipzig) & Ludwig Weickmann (Starnberg)**

Unter den obigen Koordinaten verbirgt sich die Position des ehemaligen Leipziger Hörsaales, in dem die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft im Jahre 1922 von Emil Wiechert (1861-1928), Ludger Mintrop (1880-1956) und weiteren 22 Gleichgesinnten gegründet worden war. Über die Geburtsstunde unserer Gesellschaft - *am 19. September 1922 nachmittags 3-4 Uhr* - im Geophysikalischen Institut der Universität Leipzig, Talstraße 38, wurde in den DGG-Mitteilungen 1-2/2007, 31-34 berichtet.

Im März 2011 kam das Archiv der DGG in den Besitz einer Grafik vom Grundriss des im Jahre 1943 nach Bombentreffern ausgebrannten und später abgerissenen Institutsgebäudes in der Talstraße 38. Der Mitautor dieses Beitrages, Ludwig Weickmann jun. (92), Sohn des Direktors des ehemaligen Geophysikalischen Instituts Ludwig F. Weickmann (1882-1961), konnte die Lage des Hörsaales im Inneren des Hauses auf der Zeichnung fixieren. Er war am Morgen des 4. Dezember 1943 der letzte gewesen, der einen Abschiedsblick in den qualmenden Raum geworfen hatte. Abbildung 1 zeigt die Umrisse des ehemaligen Gebäudes Talstraße 38 und die Lage des Hörsaales, übertragen in ein „Google Earth“-Bild.

Wer die Gelegenheit hat, die Stadt Leipzig zu besuchen, kann sich heute an dieser Stelle in einer Grünanlage (Abbildung 2) auf eine bequeme Bank setzen und sich vielleicht vorstellen, wie an dieser Stelle vor 89 Jahren unsere Gründungsväter den Geburtsakt der DGG vollzogen haben.

Oder Sie klicken auf Ihrem PC **Google Earth** an und wählen **Anfliegen** mit siehe oben - ..... **51° 19' 54.50“, 12° 23' 05“.**



Abb. 1: Lage des Gründungshörsaals der DGG. „Google Earth“-Bild vom 11. 6. 2006 mit Sichthöhe 280 m.



Abb. 2: Bereich des Gründungshörsaals mit Koordinaten der Abbildung 1. Blick von Westen in Richtung Talstraße.

# VERSCHIEDENES

## Nachruf für Uwe Casten (1944-2010)

Am 31.10.2010 verstarb nach schwerer Krankheit Prof. Dr. Uwe Casten, langjähriger apl. Professor für Geophysik am Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik der Ruhr-Universität. Er hinterlässt seine Ehefrau und zwei Kinder.

Geboren am 7.3.1944 in Albersdorf/Holstein schloss er sein Geophysikstudium 1968 bei Prof. Menzel in Hamburg ab. Danach arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent bei Prof. Saxov an der Universität Aarhus/Dänemark. Im Januar 1974 schloss er seine Promotion „Eine Analyse seismischer Registrierungen von den Färöer Inseln“ in Hamburg ab und kam anschließend an die Ruhr-Universität Bochum. Im Jahr 1994 erhielt er in Bochum die Venia legendi für Geophysik und wurde 1999 zum außerplanmäßigen Professor ernannt.

Zunächst bearbeitete Uwe Casten in unserem Institut zusammen mit Prof. Baule seismologische Projekte im Bereich des Kohlenbergbaus. Unter der Leitung von Prof. Harjes war er am Aufbau und der Betreuung des universitären Stationsnetzes zur Untersuchung von bergbauinduzierter Seismizität im Ruhrgebiet beteiligt. Nach einiger Zeit wandte er sich gemeinsam mit Prof. Dresen geophysikalischen Potentialverfahren zur Ortung bergbaubedingter Hohlräume zu und beschäftigte sich mit Untertagegravimetrie in deutschen und polnischen Kohlebergwerken, im Salzbergwerk Asse und in Bohrlöchern. Dabei baute er sich eine eigenständige Basis in der Forschung auf und erweiterte sein Wirkungsfeld durch eigene Projekte im DFG-Schwerpunkt „Kontinentales Tiefbohrprogramm (KTB)“ und dem Folgeschwerpunkt „International Continental Drilling Program/ICDP/KTB“. Hierbei kooperierte er eng u.a. mit Prof. Götze, Prof. Neubauer und Prof. Soffel. Zahlreiche Feldeinsätze, insbesondere mit internationalen Partnern, wurden von ihm koordiniert und durchgeführt. Drittmittel der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), der Ruhrkohle Bergbau AG (RAG) und des Instituts für Tiefenlagerung



(GSF) ermöglichten ihm, weitere Projekte der Angewandten Geophysik zu bearbeiten. Diese Forschungsergebnisse mündeten schließlich 1994 in der Habilitation „Untertagegravimetrie zur in situ Bestimmung des Gesteinsparameters Dichte und zur Erfassung bergbauinduzierter Dichteänderungen“.

In Zusammenarbeit mit der BGR widmete sich Uwe Casten der Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten (z.B. Eulenberg/Arnstadt). Im Sonderforschungsbereich 526 „Rheologie der Erde - von der Oberkruste bis in die Subduktionszone“ leitete Uwe Casten die Teilprojekte „Structural and rheological information of the Hellenic subduction zone from gravity data“ sowie „Numerical modelling of dynamic processes in the Hellenic subduction zone“. Er führte Schwerefeldmessungen auf Kreta durch und bestimmte Dichtemodelle der Kruste und des obersten Mantels der südlichen Ägäis aus der gemeinsamen Inversion von gravimetrischen und seismischen Daten, teilweise in Zusammenarbeit mit Prof. Makris. In Süd-Jütland kartierte er mittels mikrogravimetrischer Messungen sedimentbedeckte Talstrukturen, die in diesem Gebiet für die Lokalisierung von

Grundwasserreservoirn von zentraler Bedeutung sind. Er etablierte eine Zusammenarbeit mit den Archäologen der Ruhr-Universität und beteiligte sich an deren Feldkampagnen. Diese Arbeiten legten die Basis zu seinem Beitrag über „Geophysikalische Erkundungsmethoden in der Archäologie“ in dem von Hauptmann und Pingel 2008 herausgegebenen ersten deutschsprachigen Werk über „Archäometrie - Methoden und Anwendungsbeispiele naturwissenschaftlicher Verfahren in der Archäologie“.

Uwe Casten war Mitglied mehrerer nationaler und internationaler Gesellschaften. Er kooperierte mit zahlreichen in- und ausländischen Fachkollegen, u.a. aus der Akademie für Bergbau und Hüttenwesen in Krakau/Polen. Er engagierte sich in den interdisziplinären Arbeitskreisen „Bergbau und Gebirgsschlagverhütung“ bzw. „Geodäsie/Geophysik“ und in der Arbeitsgemeinschaft „Seismische Tiefensondierung“ sowie der nationalen Arbeitsgemeinschaft „Bohrlochgeophysik“.

Besonderen Wert legte Uwe Casten auf die Lehre. Das geophysikalische Feldpraktikum und seine regelmäßigen Vorlesungen zu Methoden der Angewandten Geophysik waren bei den

Studierenden der Geophysik, Geologie und Mineralogie sehr beliebt. In Lehraufträgen an den Universitäten Aachen und Münster stellte er seine Erfahrungen auch außerhalb der Ruhr-Universität zur Verfügung. Uwe Casten betreute mehr als 20 Diplomarbeiten, vor allem im Bereich der Gravimetrie, sowie, zum Teil zusammen mit Kollegen aus dem Institut, eine ganze Reihe von Dissertationen aus seinem Forschungsgebiet.

Seine Krankheit hat die letzten Berufsjahre überschattet und die wissenschaftlichen Aktivitäten nach seiner Pensionierung abrupt beendet.

Wir in Bochum haben einen Experten der Potentialfelder, einen liebenswerten Kollegen und hervorragenden Lehrer verloren. Wir vermissen Uwe Casten sehr.

Michael Jost, Lothar Dresen, Alphan Cete, Wolfgang Friederich, Thomas Meier, Jörg Renner, Kasper Fischer und Irmgard Falk

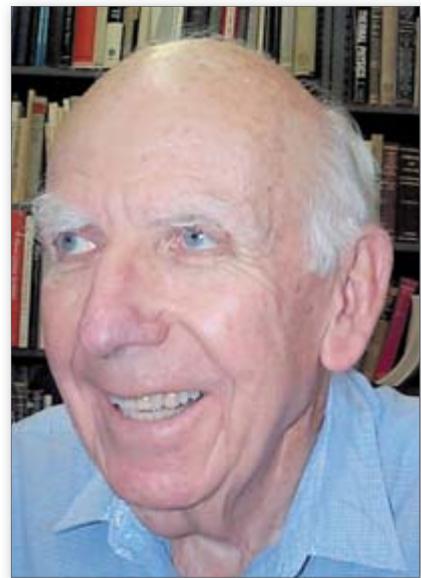
# In memoriam Leon Knopoff (1925 - 2011)

## Walter Zürn, Observatorium Schiltach

Am 20. Januar 2011 verstarb Leon Knopoff zu Hause in Sherman Oaks, Kalifornien im Kreise seiner Familie an den Folgen einer Lungenentzündung. Er war 85-jährig bis zuletzt in mehreren Forschungsprojekten mit Kollegen aktiv und kann diese nun leider nicht mehr selbst mit zum Abschluss bringen.

Er studierte erst Elektroingenieurwesen am Caltech bis zum Bachelorabschluss und wechselte dann an derselben Schule zur Physik, wo er 1946 mit dem Master of Science und 1949 mit dem Ph.D. abschloss. Louis Slichter holte ihn anschließend an das Institute of Geophysics and Planetary Physics (IGPP) an der University of California at Los Angeles (UCLA), wo er 1957 zum Associate und 1960 zum Full Professor befördert wurde. Etwas später wurde er zum Professor für Physik an der UCLA ernannt. Zusätzlich arbeitete er auch noch als Forschungsmusikologe. Diese Positionen behielt er an der UCLA bis er 1995 in den Ruhestand ging, arbeitete aber bis 2010 weiter am IGPP. Als Gastprofessor erfreute er sich großer Beliebtheit; so hielt er solche Positionen nacheinander in Karlsruhe (bei Stephan Müller, 1966), Harvard, Chile, Trieste, Cambridge (UK), Venedig, Beijing, Strasbourg, an einigen dieser Universitäten auch mehrfach.

In dieser Zeit haben 38 Studenten ihre Dissertation bei ihm erfolgreich abgeschlossen. Aus der ganzen Welt (Armenien, Chile, China, Costa Rica, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Indien, Iran, Israel, Italien, Japan, Kanada, Mexico, Niederlande, Schweiz, Taiwan, USA, UDSSR, Vietnam) kamen rund 40 junge Wissenschaftler an die UCLA, um mit Leon Knopoff an den verschiedensten Fragestellungen zu arbeiten. Das Spektrum seiner Forschungsinteressen und seiner Originalbeiträge ist sehr, sehr breit: unter anderem Theorie der Erdbebenherde, Theorie der Stoßwellen, Zustandsgleichungen des Erdinneren, Beugungstheorie und ihre Anwendung auf die Streuung seismischer Wellen durch den Erdkern, Beobachtung und



Aus Geophysical Journal International (2000)  
143, ii „Knopoff Festschrift“ mit Erlaubnis  
von John Wiley & Sons, Inc.

Interpretation der Geschwindigkeiten seismischer Oberflächenwellen und Inversion solcher Ergebnisse auf regionale Unterschiede in der Struktur der Kruste und des Mantels, neue Ansätze zur Spektralanalyse, Verbesserung der Interpretation von Eigenschwingungsbeobachtungen, Dämpfung seismischer Wellen, Erfindung des Feder-Massen-Modells, das auch heute noch in zahlreichen Arbeiten zur Erdbebensimulation verwendet wird, Erdgezeitenmessungen am geographischen Südpol, theoretische Entwicklungen zur Bruchausbreitung, verschiedene Ansätze zur Erdbebenstatistik, Nichtlineare Dynamik im Zusammenhang mit Erdbeben, Erdbebenvorhersageforschung, Entwicklung der Thermolumineszenz-Methode zur Datierung archäologischer Funde und musikologische Forschung. Er ist an über 380 wissenschaftlichen Artikeln maßgeblich beteiligt und hat fünf Bücher mit herausgegeben. Seine heute am häufigsten von Kollegen zitierten Arbeiten betreffen die theoretische Ableitung der Äquivalenz der seismischen Dislokationen mit Körperkräften (mit R. Burridge: BSSA, 54 (1964), S. 1875) und (ebenfalls mit R. Burridge: BSSA, 57 (1967), S. 341) das „Feder-Massen“-Modell der Seismizität.

Leon Knopoff selbst hat immer gerne schmunzelnd darauf hingewiesen, dass er die Arbeiten mit dem kürzesten Titel („Q“, Rev. Geophys., 2 (1964), S. 625), mit dem kürzesten Abstrakt „No“ als Antwort auf die Titelfrage: „Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian?“ (mit J. K. Gardner: BSSA, 64 (1974), S. 1363) und die Arbeit mit dem wahrscheinlich längsten Wort im Titel („Gruppengeschwindigkeitsmessungen“, mit Götz Schneider und Stephan Müller: Zeitschrift f. Geophysik, 32 (1966), S. 33) (mit-) verfasst hat. Für mich bemerkenswert ist die gemeinsame Publikation zweier heutiger Träger der Emil-Wiechert-Medaille der DGG (Wielandt & Knopoff, JGR, 87 (1982), S. 8631).

Leon Knopoff hat viele Ämter innegehabt. Die wichtigsten sind: Generalsekretär des International Upper Mantle Projects, Vizedirektor der gesamten IGPPs der University of California, Vizepräsident des Komitees für mathematische Geophysik der IUGG, Präsident des Komitees für IASPEI, usw.

Hier können nicht alle Ehrungen aufgezählt werden, die er sich verdient hat: neben der Emil-Wiechert-Medaille der DGG (1978) sind die wichtigsten die Goldmedaille der Royal Astronomical Society (1979) und die Medaille der Seismological Society of America (1990), zu deren Verleihung sein UCLA-Kollege David D. Jackson eine sehr originelle und lebenswerte Würdigung für ihn geschrieben hat (BSSA, 81 (1991), S. 292). Anlässlich seines 75. Geburtstages fand an der UCLA ein eintägiges Symposium statt mit Rednern aus vielen Ländern (darunter zwei aus Deutschland) und die Royal Astronomical Society widmete ihm das Heft 143,2 (2000) des Geophysical Journal International, die „Knopoff Festschrift“. Die Universität Strasbourg ernannte ihn 2004 zum Ehrendoktor und im selben Jahr wurde er der erste Ehrenprofessor des Instituts für Geophysik der Chinese Earthquake Administration.

Leon Knopoff hatte international sehr viele enge Kontakte. Neben der UdSSR hat dabei Deutschland eine besondere Rolle gespielt. Letzteres ist sicher auf den engen Kontakt ge-

gründet, den er zu Professor Stephan Müller pflegte, ehemals Direktor der geophysikalischen Institute der Universität Karlsruhe und danach der ETH Zürich. Stephan Müller holte ihn 1966 als Gastprofessor an das 1964 neugegründete Institut in Karlsruhe. Zwanzig der Publikationen Knopoffs haben deutsche Koautoren. Wegen seiner großen Übersicht und seiner didaktischen Eleganz waren seine Seminarvorträge immer etwas ganz Besonderes und kein Institut hat sich solche entgehen lassen, wenn er in der Nähe war. Dabei sind die Zuhörer dann oft weit gereist, um ihn zu hören und Neues zu lernen. Ich erinnere mich gut an einen Vortrag in Karlsruhe, zu dem Kollegen aus Stuttgart und Frankfurt extra angereist sind.

Ich hatte das Glück durch meinen Antarktisaufenthalt für die UCLA in engeren Kontakt mit Leon Knopoff und später auch seiner Familie zu kommen. Stephan Müller hatte die Verbindung mit dem IGPP vermittelt. Als sich herausstellte, dass Leon Knopoff sich ebenso gerne wie ich im Gebirge aufhielt, waren die Weichen für mehrere Treffen in den Alpen gestellt. So haben er, seine Frau Joanne und ich uns in den Zillertaler Alpen, im Wallis und im Gebiet des Montblanc bei drei Gelegenheiten getroffen und etliche mehr oder weniger anstrengende Wanderungen unternommen. Daneben gab es auch mehrere Besuche und Aufenthalte (bis zu vier Wochen) am Observatorium Schiltach. So konnte ich recht viel Zeit mit Leon Knopoff verbringen und dies sind unvergessliche und lehrreiche Tage für mich. Es war immer sehr eindrucksvoll, Geschichten aus der ganzen Welt zu hören und auch immer wieder Neues zu lernen aus einem fast unbegrenzten Gedächtnis. Dabei waren die Erinnerungen oft sehr humorvoll wiedergegeben. Die (nicht nur wissenschaftliche) Neugier der Familie Knopoff hat mich ebenfalls immer sehr beeindruckt. Die freundschaftliche und kollegiale Verbindung zu Leon Knopoff wird mir (und vielen anderen) sehr fehlen.

Leon hinterlässt seine Frau Joanne, sowie die Kinder Katie, Rachel und Michael und einen Enkel, Charlie, und ihnen gilt die herzliche Anteilnahme vieler Kollegen und Freunde.

# Verleihung der Julius-Bartels-Medaille an Prof. Dr. H. Lühr

Patricia Ritter, Potsdam

Prof. Dr. Hermann Lühr vom Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ in Potsdam hat am 4. April 2011 in Wien die Julius-Bartels-Medaille der Europäischen Union der Geowissenschaften (EGU) erhalten. Die Anerkennung wird von der Sektion *Solar Terrestrial Sciences* für herausragende wissenschaftliche Leistungen verliehen. In der Laudatio heißt es: „Hermann Lühr spielt in Europa eine führende Rolle auf dem Gebiet der boden- und weltraumgestützten Magnetfeldmessungen, insbesondere als wissenschaftlicher Leiter der Magnetfeldforschung der CHAMP-Mission. Diese Satellitenmission brachte eine Fülle neuer Erkenntnisse über ein breites Spektrum von geomagnetischen Erscheinungen.“



Zusätzliche Angaben sowie Informationen zu weiteren Preisträgern der EGU sind auf der Internet-Seite „<http://www.egu.eu/awards-medals/awards-and-medals.html>“ zu finden.

# Forschungstreffen: Ohne Internet und - ohne Profs! Doktoranden „workshoppen“ mal anders

## Sophie Kolb (Saarbrücken)

Mitten im tiefen Schwarzwald haben fünf Doktoranden für ihre Mitstreiter aus der Geophysik und der Hydrologie unter dem Motto „Combining hydrologists' needs and geophysical input“ einen ungewöhnlichen internationalen Workshop ins Leben gerufen. Nach diesem ersten, erfolgreichen Versuch sind sich alle einig: Dies sollte kein einmaliges Ereignis bleiben.

Doktorandenseminare haben Marie, Caroline, Patrick, Jens und Joseph schon etliche miterlebt. Doch manches wünschten sie sich anders – und haben deshalb einfach ihr eigenes Seminar organisiert. Das erste Treffen rund um geophysikalische Methoden in hydrologischen Fragestellungen fand im Frühjahr statt, ein zweites soll bald organisiert werden.

Die unkonventionelle Initiative stieß auf viel Begeisterung – die Berghütte war voll. Drei Tage lang trafen sich 17 Doktoranden, 3 Post-

Doktoranden und 2 Masterstudenten aus Heidelberg, Jülich, Leipzig, Zürich, Lausanne und Neuchâtel im Herzen des Schwarzwalds, kilometerweit vom nächsten Dorf entfernt, ohne Internet und vor allem: ohne Professoren. „Wir wollten, dass Doktoranden auch ohne Hemmungen Fragen stellen können, die man sonst nicht stellt“, erklärt Caroline Dorn, Nachwuchswissenschaftlerin aus Lausanne. „Und hier braucht keiner zu zeigen, wie gut er ist“, ergänzt Joseph Doetsch von der ETH Zürich, ihr Kollege aus der Organisation.

Das Prinzip scheint zu funktionieren: In lockerer Stimmung zwischen Kaffee und Laptop wird gründlich diskutiert und debattiert. „Es ist angenehm – der Austausch mit Gleichgestellten ist unverkrampft“, stellt André Nuber aus Zürich fest. Auch Eric Petermann, seinerseits aus Leipzig, freut sich über die offenen und entspannten Gespräche.



Ein Seminar von Doktoranden für Doktoranden: Die fünf Organisatoren (in der ersten Reihe kniend und links stehend) freuten sich sehr über den Erfolg ihrer Initiative

Auf dem Programm steht jedoch seriöse Arbeit: Vorstellung und Diskussion der einzelnen Forschungsarbeiten, Erklärung der jeweiligen Forschungsmethoden und Bearbeitung praktischer Anwendungsaufgaben. Oft wird intensiv und konkret hinterfragt, vermutlich sogar kritischer als in der Anwesenheit der Betreuer.

## Rund ums Wasser

Schwerpunkt dieses ersten Treffens war die Zusammenkunft von Hydrologen und Hydrogeophysikern. Beide behandeln Forschungsthemen, die mit Wasser zu tun haben, treffen sich aber eigentlich nie. „Wir dachten, dass es für uns Geophysiker bestimmt interessant ist, Hydrologen zu treffen, sowie umgekehrt. Denn wir nutzen die Physik, um hydrologische Phänomene zu erklären, während Hydrologen eher den globalen Blick haben. So ergänzt man sich und versteht besser, wie der Andere an die Fragestellungen herangeht und mit welchen Problemen er zu kämpfen hat“, erklärt Marie Scholer, Nachwuchs-Geophysikerin aus Lausanne. „Das ist fast so, als würden wir eine andere Sprache lernen“, stellt Patrick Klenk, Co-Organisator von der Universität Heidelberg fest, „da wir gemerkt haben, dass wir teilweise andere Fachbegriffe nutzen, um gleiche Dinge zu beschreiben“.

Den Hydrologen ermöglicht der Austausch also einen Einblick in die Grundlagen der geophysikalischen Methoden, die sie nutzen, um sie vielleicht noch besser einsetzen zu können. Geophysiker entdecken dagegen unterschiedliche Anwendungsbeispiele ihrer Forschungsarbeiten und lernen die konkreten Problemstellungen der Hydrologen kennen, um darauf gegebenenfalls noch besser antworten zu können. „Es ist auch einfach interessant, den eigenen Horizont zu erweitern“, meint Patrick Klenk, „denn man ist irgendwann sehr in die eigene Materie vertieft und verliert den Blick für den Hintergrund“.

## Wiederholung erwünscht

Über den Erfolg des Versuchs sind die Organisatoren überrascht: „Viele Doktoranden haben ihre Teilnahme selbst finanziert – das alleine zeugt schon von einer großen Motivation“, unterstreicht Patrick. Manche haben hier neue Ideen gesammelt, andere alternative Forschungsmethoden kennengelernt oder die Problematik ihrer Arbeit diskutiert. Zudem freuen sich alle über die gute Stimmung, die sicherlich zu neuen privaten, wie auch professionellen Bekanntschaften führt. „Dass man hier so abgeschieden ist, ohne Internet und kaum Handynetz, das schweißt zusammen!“, lobt Tillmann Kaudse von der Uni Heidelberg die Organisatoren für ihre Standort-Auswahl. Die neuen internationaen Kontakte wollen die Teilnehmer nun pflegen – nicht nur übers Internet im eigenen Wiki, sondern natürlich auch mit einem zweiten Workshop-Wochenende.

Infos unter: [http://augsvn.ethz.ch/mediawiki/index.php/Advancing\\_Hydrogeophysics](http://augsvn.ethz.ch/mediawiki/index.php/Advancing_Hydrogeophysics)

# **DGG/BDG-Seminar „Oberflächennahe Erkundung“ mit Workshop „Oberflächenwellengeophysik“ Neustadt/Weinstr., 6. - 8. April 2011**

**Jörg Hausmann (UFZ Leipzig) & Ulrike Werban (UFZ Leipzig, Sprecherin AK „Hydro- und Ingenieur-Geophysik“)**

In Neustadt an der Weinstraße fand vom 6.-8. April 2011 das DGG/BDG-Seminar „Oberflächennahe Erkundung“ statt, welches in Kooperation der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (Arbeitskreis Hydro- und Ingenieur-Geophysik) mit dem Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler von Dr. Reinhard Kirsch organisiert wurde.

Im Rahmen des Seminars gab es einen Workshop zum Thema „Oberflächenwellengeophysik“ unter der Leitung von Dr. Stefano Parolai (GFZ Potsdam). Dr. Parolai gab zunächst eine Einführung in die Thematik für Neueinsteiger und Interessierte. In den anschließenden Beiträgen wurden Probleme bei der Aufzeichnung und der Datenauswertung aufgezeigt sowie Fallstudien zu unterschiedlichen Problemen präsentiert. Die Praxisnähe der Beiträge stieß auf besondere Zustimmung. Die 40 Teilnehmer des Seminars

kamen aus verschiedenen Einrichtungen Deutschlands, Österreichs, Norwegens und der Schweiz, darunter Universitäten, Großforschungseinrichtungen und Firmen.

Während des Seminars wurden in 22 Vorträgen neue methodische Entwicklungen auf dem Gebiet der oberflächennahen Erkundung vorgestellt sowie zahlreiche Anwendungsbeispiele präsentiert. Des Weiteren wurde die Möglichkeit zur Diskussion zwischen Forschung und Anwendern gegeben und genutzt. Eine Vertiefung der Diskussionen erfolgte im gemütlichen Ambiente der Neustädter Altstadt, im Pfälzkeller des Herz-Jesu-Klosters und insbesondere bei der gemeinsamen Wanderung zum Hambacher Schloss am Ostrand des Pfälzerwaldes. Bei der sich anschließenden Weinprobe wurde neben dem rustikal zubereiteten Spießbraten sogleich die Qualität der regionalen Weine geprüft.



Foto: R. Kirsch

## Vorträge DGG/BDG-Seminar „Oberflächennahe Erkundung“

Tino Radic	<i>Neuartige Multikanal-NMR-Apparatur (MRS-MIDI II) - Erste Geländedaten</i>
Anne-Kathrin Nüschen	<i>Kalibrierung von EMI-Daten anhand verschiedener elektrischer Methoden</i>
Helga Wiederhold	<i>Aeroelektromagnetische Untersuchungen in Norddeutschland - Grundlage zur Bewertung von Grundwassersystemen</i>
Thomas Burschil	<i>Geophysikalische Untersuchungen zur Ergänzung des Grundwassermodeells der Nordseeinsel Föhr</i>
Ronald Freibothe	<i>Geophysikalische Prospektion am Fundplatz Leimbach</i>
Thomas Günther	<i>Gemeinsame Inversion von Oberflächen-NMR- und Geoelektrik-Daten zur Ableitung hydraulischer Modelle am Beispiel der Nordseeinsel Borkum</i>
<b>Schwerpunkt Oberflächenwellengeophysik</b>	
Stefano Parolai - <i>Tutorial surface waves</i>	
Thomas Forbriger - <i>Perspectives for an inversion of shallow seismic waveforms from field records</i>	
Lisa Rehor - <i>Application of a 2D elastic full waveform inversion to modelled shallow seismic surface waves</i>	
Birgit Leitner - <i>Optimal spread orientation for passive MASW</i>	
Jörg Hausmann - <i>Reliability of surface wave inversion - an example using SurfSeis</i>	
Dennis Wilken - <i>Two of Kiel's Tasks for Shallow Surface-waves: Swarm Optimization for Scholte-wave Inversion and MASW for archaeology</i>	
Lori Keller - <i>Oberflächenwellenanalyse: Aus der Schweizer Praxis für jeden Praktiker</i>	
Thomas Fechner - <i>MASW auf einer Insel im Arabischen Golf</i>	
Ulrich Swoboda - <i>Oberflächenwellenseismik und Altbergbau</i>	
Günther Druivenga	<i>Anwendungsbeispiele ELVIS</i>
Norbert Blindow	<i>GPR aus der Luft - Möglichkeiten und Grenzen von Aero-Georadar</i>
Reinhard Kirsch	<i>Erdfälle und Co.</i>
Michael Rumpf	<i>Refraktionsseismische Untersuchungen an einem Kriechhang</i>
Andi Pfaffhuber	<i>Supporting geotechnical investigations with a 12-channel, time domain resistivity &amp; induced polarization system; Successes &amp; pitfalls for settlement assessment, aquifer protection and rock quality mapping</i>
Wolfgang Rabbel	<i>Geophysik und Bodenverdichtung</i>
Claudia Dierke	<i>Analysis of gamma-ray results at different field sites with varying conditions</i>

# NovCare 2011

## Uta Sauer (UFZ Leipzig)

Der oberflächennahe Untergrund unterliegt einer zunehmenden Nutzung und Veränderung durch den Menschen. Daher ist ein besseres Verständnis von natürlichen und anthropogenbeeinflussten Umweltprozessen im Boden und im Grundwasser im Hinblick auf Ressourcenmanagement und Lebensqualität von großer Bedeutung. Für die Beantwortung zahlreicher Fragestellungen in der Umweltforschung ist es daher erforderlich, adäquate Abbildungen der natürlichen Systeme zu erhalten. Da die natürlichen Systeme in der Regel sehr heterogen und komplex sind, ist deren Beobachtung und Bewertung auf räumlicher und zeitlicher Skala derzeit aber nur mit sehr viel Aufwand und dann auch nur eingeschränkt möglich. Dabei bestehen die Herausforderungen an Monitoring- und Erkundungstechnologien unter anderem in der Identifizierung und Parametrisierung des Systems in Bezug auf relevante physikalische, chemische und biologische Prozesse, sowie deren Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Skalen. Neben naturwissenschaftlich fundierten Modellen sind hochauflösende Erkundungsmethoden, die intelligente Kombination von verschiedenen Methoden als auch neuartige Erkundungsstrategien notwendig, um bei der Erkundung großer Flächen die Qualität, Effizienz und Schnelligkeit zu steigern.

In Betracht kommen insbesondere kostengünstige und schnell anwendbare Methoden,

die nahezu zerstörungsfrei sind. So wird z.B. Schleppgeophysik mit minimal-invasiven und hochauflösenden „Direct Push(DP)“-Technologien gekoppelt, um eine flächenhafte Kartierung auf der Basis von seismischen, magnetischen und elektromagnetischen Messungen zu erhalten.

Es ist augenscheinlich, dass vorhandene Methoden für die Erkundung des oberflächennahen Bereichs kontinuierlich getestet und weiterentwickelt werden, neuartige Methodenkombinationen erprobt und z.B. Inversionsmodelle entwickelt werden. Die Konferenz NovCare (Novel Methods for Subsurface Characterisation and Monitoring) bietet eine Plattform, die es ermöglicht, sowohl neu entwickelte und verbesserte Methoden und neuartige Anwendungen von vorhandenen Methoden als auch neue Konzepte für die Charakterisierung und Erkundung des oberflächennahen Bereichs anhand von Beispielen zu präsentieren. Dabei wird die Anwendung dieser Methoden in verschiedenen thematischen Gebieten wie z.B. der Charakterisierung von Wassereinzugsgebieten, Grundwasserleitern oder von Untergrundkontaminationen betrachtet. Anhand der Präsentationen werden Erfolge und Schwerpunkte des Einsatzes von Erkundungsansätzen und mögliche Weiterentwicklungsbedürfnisse deutlich. Darüber hinaus bietet NovCare eine gute Gelegenheit zur Vernetzung von Forschern untereinander und



Das Ocean Edge Ressort Hotel- Tagungsort von NovCare 2011

stellt zudem eine Grundlage zum Austausch von Erfahrungen, Ideen und Bedürfnissen von jeglichen Anwendern, insbesondere der Industrie dar.

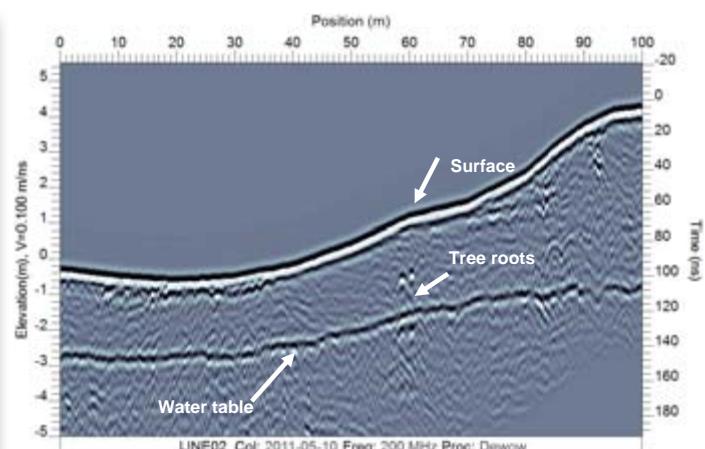
In Zusammenarbeit mit dem Geological Service in Kansas und der Universität in Michigan organisierte das Department Monitoring- und Erkundungstechnologien des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung die erste internationale Konferenz NovCare 2009. Diese fand vom 13.-16. Mai 2009 in Leipzig statt. Etwa 120 Teilnehmer aus 14 verschiedenen Ländern kamen, um den Präsentationen über neu entwickelte und verbesserte Methoden, neuartige Anwendungen von vorhandenen Methoden als auch neuen Konzepten für die Charakterisierung und Erkundung des oberflächennahen Bereichs

zu folgen. Neben den 69 Vorträgen erhielten die Teilnehmer die Möglichkeit, sich an Firmenständen (Allied Associated Geophysical Ltd., DGFZ, Eijkenkamp, Fugro, GTC Kappelmeyer GmbH, LEBAC, imw Dr. Weiss, MPBF, UIT) und bei der Technikdemonstration (Geotechnik Heiligenstadt, Röhrenwerk Kupferdreh Carl Hamm, SonicSampDrill, Geoprobe) über den neuesten Stand der Technik zu informieren und beraten zu lassen. Die erste NovCare-Konferenz war ein voller Erfolg und deshalb stand fest, dass diese Konferenz fortgeführt wird.

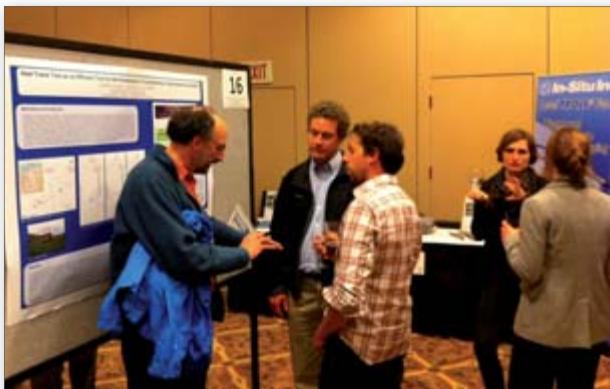
Die 2. Konferenz - NovCare 2011 - fand vom 9.-11. Mai 2011 in einem Hotel auf Cape Cod in der Nähe von Boston statt. Die ländliche Umgebung als auch die moderne Hotel-



Technikvorführungen der Firma Boart Longyear (Sonic Drill Geräte)



Technikvorführungen der Firma Sensors and Software (GPR Gerät) und das an diesem Tag gemessene Radargramm (200 MHz). In diesem Radargramm ist deutlich der Wasserspiegel zu erkennen. Das pE PRO SmartCart Gerät wurde einen kleinen Hügel hinaufgeschoben und die Daten wurden einer topografischen Korrektur unterzogen (Daten von Steven Jackson, Sensors & Software Inc.)



Posterpräsentationen (Garry Weissmann diskutiert mit Dave Hyndmann)

ausstattung boten optimale Bedingungen für die 75 Konferenzteilnehmer, um den zahlreichen Vorträgen zu folgen. Die Präsentationen widmeten sich hauptsächlich den Gebieten der Einzugsgebietscharakterisierung, Grundwasser-Oberflächengewässerkopplung, Oberflächen- und Bohrlochgeophysik, Schadstoffsanierung, Tracer und hydraulische Testmethoden, sowie der Anwendung der Direct-Push-Technologie. International anerkannte Wissenschaftler wie Harry Vereecken, Burke Minsley, Scott Tyler, Lee Slater, Gary Weissmann, Richelle Allen-King, Denis Leblanc, Olaf Cipka und Peter Dietrich gaben jeweils eine Einführung in eines der Themengebiete und präsentierten ihre neuen Erkenntnisse. Ergänzt wurden die verschiedenen Sessions durch 26 Beiträge von Konferenzteilnehmern. Alle Beiträge als auch die anschließenden fachlichen Diskussionen hoben die Wichtigkeit von Monitoring- und Erkundungstechnologien hervor. Es kann geschlussfolgert werden, dass noch großer Entwicklungsbedarf besteht, damit eine Validierung von Modellen mit Hilfe von Felddaten möglich ist. Darüber hinaus besteht Forschungsbedarf im Hinblick auf die Übertragung von Messdaten verschiedener Skalenbereiche, z.B. die Kombination von Fernerkundungsdaten mit geophysikalischen Messungen als auch Punktmessungen.

Zusätzlich zu den Vortragsbeiträgen stellten mehrere Teilnehmer ihre Projekte und Forschungsergebnisse innerhalb einer sehr kommunikativen Postersession dar. Auch hier konnte die Vernetzung von Fachleuten z.B. aus den Bereichen Geotechnik, Geophysik, Hydrogeologie und Geologie mit Anwendern

aus Consulting und Wirtschaft vorangetrieben werden.

Großes Interesse fanden die Technikdemonstrationen verschiedener US-Firmen (Vista Clara Inc., Rutgers University, Advanced Geosciences, Inc., Sensors & Software Inc. und Boart Longyear) auf dem Gelände des MA Military Reservation Feldes auf Cape Cod. Die Air Force versucht auf diesem Gelände seit 1978 die kontaminierten Bereiche zu identifizieren, zu erforschen und zu sanieren. Aus diesem Grund bietet es ein hervorragendes Untersuchungsgebiet für unterschiedlichste Verfahren. Dort wurden unter anderem Vorführungen zum Georadar, zur Geoelektrik, zur Probenahme mit Hilfe von SonicDrill-Geräten als auch zu NMR-Messungen (nuclear magnetic resonance) an der Oberfläche und im Bohrloch bzw. Brunnen dargeboten.

Das Rahmenprogramm war ganz auf das Ziel der Konferenz, eine Verbesserung der Kommunikation zu erreichen, abgestimmt. So konnten sich beispielsweise die PhD-Studenten beim Konferenzdinner in einem nahegelegenen Restaurant mit gestandenen Professoren, Wissenschaftlern und Vertretern der Wirtschaft austauschen. Auch während der Postersession wurde so manche Kooperation und Projekt-Idee unter den Konferenzteilnehmern geboren.

Es gab eine sehr positive Resonanz auf diese Konferenz, und am Ende waren sich alle Teilnehmer einig, dass die Konferenz NovCare fortgeführt werden soll und wird. Wir hoffen, dass wir uns alle 2013 voraussichtlich in Tübingen zur NovCare 2013 wiedersehen werden.



Eindrücke vom Konferenzraum

# Geophysikalische Lehrveranstaltungen an den deutschsprachigen Universitäten und Hochschulen im Sommersemester 2011

A: selbständiges Arbeiten	AG: Arbeitsgemeinschaft	B: Blockkurs
DW/WA: Wissenschaftliche Arbeiten	E: Exkursion	FW: Freie Wahl
GÜ/GP: Geländeübung/-praktikum	IV: Integrierte Veranstaltung	K: Kolloquium
KU: Kurs	P: Praktikum	PV: Privatissimum
S: Seminar	T: Tutorium	TH: Theoretikum
V: Vorlesung	Ü: Übung	
(Zahlen vor diesen Abkürzungen geben die Anzahl der Semesterwochenstunden an.)		

## RWTH AACHEN – Lehrstuhl für Applied Geophysics and Geothermal Energy

### Studiengänge:

<i>BSc Georessourcenmanagement</i> <sup>(1)</sup>
<i>BSc Angewandte Geowissenschaften</i> <sup>(2)</sup>
<i>MSc Angewandte Geowissenschaften</i> <sup>(3)</sup>

Angewandte Geothermik <sup>(1,3)</sup>	2V/2Ü	Clauser
Grundlagen der Angewandten Geophysik II <sup>(2)</sup> (Magnetik, Geoelektrik, Elektromagnetik)	4V/2Ü	Bosch / v. d. Kruk / Klitzsch
Scientific Reading and Writing <sup>(1,3)</sup>	2V/Ü	Clauser / Meyer
Ergänzende Geländeübung zur VL Angewandte Geothermik <sup>(1,2)</sup>	E	Clauser / Bosch
Ergänzende Geländeübung zur VL Grundlagen der Angewandten Geophysik II <sup>(1,2)</sup>	E	Bosch
Erkundungsmethoden der Geophysik, Hydrogeologie und Ingenieurgeologie <sup>(1,2)</sup>	GÜ	Klitzsch / Bosch / weitere
Offenes Geophysik-Seminar	2S	Bosch
Anleitung zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten	2WA	Clauser

## U BAYREUTH / BAYERISCHES GEOINSTITUT

Einführung in die Geophysik	2V	Steinle-Neumann
Einführung in die Geodynamik	2V	Samuel
Seminarreihe Experimentelle Geochemie und Geophysik	2S	Katsura

## FU BERLIN – Fachrichtung Geophysik

### Bachelor-Studiengang Geologische Wissenschaften

Angewandte Geophysik	2V	Shapiro / Brasse / Kaufmann
Angewandte Geophysik	2Ü	Stürmer / Mayr / Hummel
Begleitendes Seminar zum Geophysikalischen Geländepraktikum	3S	Brasse / Kaufmann / Stürmer
Geophysikalisches Geländepraktikum	3GP	Brasse / Kaufmann / Stürmer

## Master-Studiengang Geologische Wissenschaften

Geophysikalisches Seminar	2S	Shapiro / Brasse / Wigger / Kaufmann / Kummerow
Dynamik der Erde	2S	Kaufmann
Elektromagnetische Tiefenforschung	2S	Brasse / Ritter
Methoden der angewandten Seismik	2S	Shapiro
Seismische Wellenfelder	2S	Shapiro
Die Eiszeiten als geodynamisches Werkzeug	2V/2Ü	Kaufmann
Numerische Methoden in der Geophysik	2V/2Ü	Kaufmann
Theorie seismischer Wellen	2V/2Ü	Shapiro
Elektromagnetische Tiefenforschung	2V/2Ü	Ritter / Brasse
Angewandte Seismologie I	2V/2Ü	Bohnhoff
Seismometer und Registrosysteme - Theorie und Praxis	2V	Asch / Wigger
Seismometer und Registrosysteme - Theorie und Praxis	1Ü	Wigger / Asch
Applied Numerical Rock Physics	2V/1Ü	Saenger
Institutskolloquium	2K	alle Dozent/inn/en des Institutes (Koord.: Schudack)

## **TU BERLIN – Fachgebiet Angewandte Geophysik**

### Studiengang Geoingenieurwissenschaften und Angewandte Geowissenschaften

Anleitung zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten in der Angewandten Geophysik	WA	Yaramanci / Börner / Krawczyk
--	----	-------------------------------

### Studiengang Geotechnologie B.Sc.

Physikpraktikum Geotechnologie	1P	Yaramanci / Rücker
Spezielle Geotechnologien / Angewandte Geophysik	4IV	Börner / Yaramanci / Braun
Surface wave based seismic techniques (freie Wahl)	1V	Parolai
Aerogeophysik II (Freie Wahl)	1IV	Eberle
Angewandte Geothermie (freie Wahl)	1IV	Kirsch

### Studiengang Geotechnologie M.Sc.

Mathematische Methoden der Geophysik	2IV	Müller-Petke
Theorie der Seismik	2IV	Krawczyk / Braun
Theorie der Geoelektrik und Elektromagnetik	2IV	Yaramanci / Braun
Theorie der Gravimetrie, Magnetik und Geothermie	2IV	Börner / Rücker
Geothermische Technologieentwicklung (freie Wahl)	2V	Zimmermann / Bruhn

## **U BOCHUM – Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik**

### B.Sc.-Studiengang Geowissenschaften

Übungen zur Physik II für Studierende der Geowissenschaften	1V	Renner
Explorationsgeophysik	4V	Renner
Geländeübungen Geophysik	B	Renner / Fischer
Kombinierte Geländeübungen Tektonik, Sedimentologie, Geophysik, Kristallographie, Petrologie; Alpen	B	Fockenberg / Friederich / Gies / Immenhauser / Renner / Richter / Schreuer / Stöckhert / Trepmann

Geowissenschaftliches Seminar II	2S	Alber / Chakraborty / Fechtel-Kord / Fockenberg / Friederich / Gies / Heimhofer / Immenhauser / Mutterlose / Renner / Richter / Schreuer / Stöckert / Wisotzky / Wohnlich / Müller / Englert / Pascale
Praktikum Geowissenschaften II	2P	Buhl / Fockenberg / Graetsch / Marler / Medenbach / Röller / Bernhardt / Renner / Brix
Mathematische Grundlagen der Geophysik	2V	Fischer
Geophysikalisches Auswerteverfahren	3V	Friederich / Renner / Doktoranden
Gesteinsphysik / Rock Physics	3V	Renner

### **M.Sc.-Studiengang Geowissenschaften**

Exploration Geophysics II (Explorationsgeophysik II) M.Sc.	3V	Renner
Theoretische Geophysik I (Seismische Wellen) Theoretical geophysics I (seismic waves)	3V	Friederich
Processing and Interpretation (Auswertung und Interpretation I; Signalverarbeitung)	3V	Jost
Dynamik der Erde II	3V	Friederich
Fortgeschrittenenpraktikum		Friederich / Fischer / Renner
Stimulation and induced seismicity	2V	Renner
Modellierung elastischer und inelastischer Deformationen an Verwerfungen	2V	Roth
Einführung in die geophysikalischen Methoden der Archäologie	1V	Renner
Seminar in Geosciences II / Geowissenschaftliches Hauptseminar	2S	Alber / Chakraborty / Friederich / Gies / Heimhofer / Mutterlose / Renner / Schreuer / Stöckert / Willner / Wisotzky / Wohnlich / Focckenberg / Immenhauser / Müller / Englert / Pascale
Geowissenschaftliches Kolloquium	2S	Dozenten/-innen des Instituts GMG
Kolloquium SFB 526: Rheologie der Erde	2K	Dozenten/-innen des Instituts GMG
Seismologisches Seminar: Struktur, Seismizität und Dynamik der Hellenischen Subduktionszone	S	Friederich / Fischer

### **U BONN – Geodynamik und Angewandte Geophysik**

#### **Bachelor Geowissenschaften**

Mathematische Methoden für Naturwissenschaftler	2V	Wörmann
Mathematische Methoden in der Geophysik - Übung	2Ü	Zoporowski
Forschungsseminar Angewandte Geophysik	2S	Kemna
Research Topics in Geodynamics	2S	Miller

### Master Geowissenschaften

Praktische Hydrogeophysik	B	Kemna
Geodynamik / Tectonophysics	4V/Ü/S	Miller
Forschungsseminar Angewandte Geophysik	2S	Kemna
Research Topics in Geodynamics	2S	Miller

### Master Physik der Erde und Atmosphäre

Inverse Modellierung	4V/Ü	Kemna / Simmer
Forschungsseminar Angewandte Geophysik	2S	Kemna
Praktische Hydrogeophysik	B	Kemna
Geodynamik / Tectonophysics	4V/Ü/S	Miller

## **TU BRAUNSCHWEIG – Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik**

Astrophysikalisches Praktikum	P	Blum
Weltraumphysik und Weltraumtechnik	2V/1Ü	Blum / Hördt
Granulare Medien	S	Blum
Geophysical Processes in the Solar System	3S	Blum / Glaßmeier
Geo- und Astrophysik	2S	Blum / Glaßmeier / Hördt
Raumfahrtmissionen im Sonnensystem	2V	Block
Weltraumphysik und Weltraumtechnik - Planeten im Sonnenwind	2S	Glaßmeier
Struktur und Organisation physikalisch-wissenschaftlicher Forschungsanstalten	E	Glaßmeier
Geophysikalisches Praktikum für Geoökologen	P	Glaßmeier
Physik II f. Pharmazeuten, Lebensmittelchemiker und Erziehungswissenschaftler	3V/1Ü	Hördt
Einführung in die Geophysik	2V	Hördt
Geophysikalisches Geländepraktikum	P	Hördt
Geländepraktikum Geophysik Einführung	P	Hördt

## **U BREMEN – Fachbereich Geowissenschaften**

### Studiengang Bachelor of Science Geowissenschaften

Einführung in die Physik der Erde II	2V	Villinger
Methoden der geophysikalischen Exploration	3V/Ü/GÜ	Frederichs / Kaul / Müller / Schwenk / Villinger / von Dobeneck
Geo- und Paläomagnetismus	3V/S	von Dobeneck
Plattentektonik	2V/Ü	Gohl
Geophysikalische Grundwasserexploration	2V/Ü	Villinger
Gesteinsphysik und Bohrlochmessungen	2V/Ü	Villinger
Seismisches Datenprocessing	1Ü	Schwenk / Spieß
Mathematische Beschreibung von Geosystemen II (Geodynamik)	3V/Ü	Huhn
Signalprozessing und Zeitreihenanalyse	2V/Ü	Spieß
Fächerübergreifendes Projekt Sedimentkern	5Ü	Bender / Bickert / Donner / Esper / Frederich / Haarmann / Hepp / Kasten / Keil / Lührs / Meyer / Mollenhauer / Mulitz / Müller / Paul / Rendle-Bühring / Strasser / Vogt / von Dobeneck

Sedimentologische Interpretation physikalischer Bohrlochmessungen	2V	Lantzsch / Villinger
---	----	----------------------

#### Studiengang Master of Science Geowissenschaften

Advanced methods in marine geophysical exploration Fortgeschrittene Geländeübung	3V/Ü 3GÜ	Fekete / Keil / Spieß Spieß / Villinger / von Dobeneck
---	-------------	--

#### Studiengang Master of Science Marine Geosciences

Advanced methods in marine geophysical exploration Modelling of sedimentation processes and tectonics Sedimentary structures and processes of active continental margins Geophysics of active and passive continental margins Marine environmental archives project	3V/Ü 2V/Ü 2V 2V 6P	Fekete / Keil / Spieß Huhn Kopf / Spieß Spieß / Villinger Bickert / Mollenhauer / von Dobeneck
--	--------------------------------	---

#### **TU CLAUSTHAL – Institut für Geophysik**

Petrophysik II	2V/Ü	Weller
Well logging II	3V/Ü	Debschütz / Weller
Praktikum mit Studienarbeit für Fortgeschrittene	3P	Dozenten und Mitarbeiter des Instituts
Geophysikalisches Seminar	2S	Dozenten und Mitarbeiter des Instituts
Diplomanden/Doktoranden-Seminar	2S	Dozenten und Mitarbeiter des Instituts
Kolloquium des Instituts für Geophysik	2K	Dozenten und Mitarbeiter des Instituts

#### **BTU COTTBUS – Institut für Boden, Wasser , Luft**

##### Studiengänge Umweltingenieurwesen, Landnutzung und Wasserbewirtschaftung

Seminar Umweltgeophysik: Fallbeispiele aus der Praxis	S	Petzold
Praktikum Umweltgeophysik: Geländepraktikum	B	Jenn / Petzold

##### Studiengang Master of Science Environmental and Resource Management

Field Training: Prospection and Exploration of Natural Resources	GP	Herd / Lay / Scheidt
--	----	----------------------

#### **U FRANKFURT – Institut für Geowissenschaften, Facheinheit Geophysik**

Einführung in die wissenschaftliche Programmierung in den Geowissenschaften	2V/Ü	Beuchert
Geophysikalisches Laborpraktikum & Hauspraktikum Geophysik	3P	Bagdassarov
Vorlesung zu Katastrophentheorie und kritische Phänomene in Geowissenschaften	3V/Ü	Bagdassarov

Modellierung aktueller geophysikalischer Probleme mit COMSOL	2V/P	Junge / Schmeling
Magnetotellurik	3V/Ü	Junge
Angewandte Gravimetrie und Magnetik	2V	Junge
Digitale Signalverarbeitung: Filterverfahren	3V/Ü	Rümpker
Methoden und Verfahren der Seismologie	3V/Ü	Rümpker
Einführung in die Geophysik	3V/Ü	Schmeling / Rümpker
Geophysikalisches Seminar	2S	Schmeling / Rümpker / Junge
Geophysikalische Geländeübung	GÜ	Schmeling / Rümpker / Junge / Bagdassarov / Wölbern
Mathematisch-physikalische Ergänzungen für die Geowissenschaften	1Ü	Schmeling
Magnetismus der Erde	2V/Ü	Schmeling
Geodynamisches Modellieren B	3P	Schmeling / Dietl
Spezielle Probleme aus der Geodynamik und Gesteinsphysik	2S	Schmeling
Tutorium zur „Einführung in die Geophysik“	1T	Schmeling

## **TU BERGAKADEMIE FREIBERG – Institut für Geophysik und Geoinformatik**

Karten und Profile II	V/Ü	Schaeben / Hielscher
Geologische Prozesse	V	Görz / Gaitzsch
Bohrlochgeophysik	V/Ü	Käppler
Seismik I, einschl. Feldpraktikum im Osterzgebirge	V/Ü/P	Buske / Hellwig
Physik des Erdinnern	V	Mittag / Spitzer
Einführung in die Geoinformatik	V	Schaeben
Ausgewählte Probleme der Geomathematik	V/Ü	Schaeben
Inverse Probleme in der Geophysik	V/Ü	Spitzer / Weißflog / Scheunert
Norwegisch für Anfänger	V	Hellwig
Wissenschaftliche Kommunikation für BSc & MSc	S	Spitzer / Buske / Schaeben
Einführung in die Geophysik, Grundlagenpraktikum	V/Ü/P	Spitzer / Börner / Käppler
Theorie elektromagnetischer Verfahren	V	Börner

## **U FREIBURG – Institut für Geowissenschaften**

### **BSc Geowissenschaften**

Angewandte Geophysik in der Hydro- und Ingenieurgeologie	2V	Henk
--	----	------

### **MSc Geology**

Seismic Interpretation	2V	Henk
------------------------	----	------

## **U GÖTTINGEN – Geowissenschaftliches Zentrum**

### **Masterstudiengang Hydrogeology and Environmental Geoscience**

Applied Geophysics with Application in Hydrology	2V	Weller
Geophysical Field Seminar	2S	Weller

## U GÖTTINGEN – Institut für Geophysik

Einführung in die Astro- und Geophysik	4V/2Ü	Bahr / Schuh
Geophysikalische Strömungsmechanik	2V/Ü	Tilgner
Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene	8P	Bahr
Geophysikalisches Seminar	2S	Tilgner

## U Graz – Institut für Physik, Bereich Geophysik, Astrophysik und Meteorologie

Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	2PV	Biernat
Einführung Geophysik	2V/2Ü	Foelsche
Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	2PV	Kirchengast
Planetenmagnetosphären	2V	Rucker
Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	2PV	Rucker
Privatissimum aus Geophysik für DiplomandInnen	2PV	Kömle
Physikalische Ozeanographie	2V	Foelsche
Untere Atmosphäre 2 (Strahlungs- und Energiehaushalt)	2V	Putz
DissertantInnenseminar Geophysik, Astrophysik und Meteorologie	2S	Hanslmeier / Kirchengast
Hydrodynamik	2V	Biernat
Messmethoden der Umweltphysik und Meteorologie	2V	Putz / Steiner
Messmethoden der Umweltphysik und Meteorologie	1S	Steiner
Schwerkraft, Figur, Seismik und Aufbau der Erde	2V	Kömle
Messmethoden der Weltraumphysik und Aeronomie	2V/1S	Kargl / Rucker
Ausgewählte Kapitel der Umweltphysik und Meteorologie (Insight to global climate monitoring by role model: the ACCURATE satellite mission)	2V	Kirchengast
Spezialseminar für DissertantInnen (Umwelt und Klimawandel: Aktuelle Forschungsbeiträge)	2S	Gobiet / Kirchengast
Physik unserer Umwelt (Klimamodellierung von global zu lokal)	2V	Gobiet / Truhetz
Ausgewählte Kapitel der Weltraumphysik und Aeronomie (Grundlagen der Magnetohydrodynamik)	2V	Biernat

## U GREIFSWALD – Institut für Geographie und Geologie

Im SS 2011 keine geophysikalischen Veranstaltungen.

## U HALLE-WITTENBERG – Institut für Geowissenschaften und Geographie

### Bachelor-Studiengang Angewandte Geowissenschaften

Geophysikalische Methoden	GÜ	Schuck
---------------------------	----	--------

## U HAMBURG – Institut für Geophysik

### Studiengang Bachelor of Science Geophysik/Ozeanographie

Einführung 2: Ozeanographie	4V	Backhaus
Numerische Methoden in den Geowissenschaften	2V/1Ü	Backhaus / Behrens / Gajewski
Zeitreihenanalyse	2V/2Ü	Stammer
Wissenschaftliches Arbeiten	2V	Kaleschke
Berufs- und Seepraktikum, Geophysik (10 Tage)	P	Dehghani / Hübscher

Berufs- und Seapraktikum, Ozeanographie (10 Tage)	P	Hainbucher / Quadfasel
Angewandte Geophysik 1	3V/1Ü	Hort / Hübscher
Geodynamik und Geothermie	2V/2Ü	Hort
Seismologie	2V/2Ü	Dahm
Sedimentbeckenanalyse	2V	Brink
Regionale Ozeanographie	2V/2Ü	Jochumsen / Quadfasel

### **Masterstudiengang Geophysik: Naturgefahren und Rohstoffe**

Raum- und Oberflächenwellenseismologie	2V/1Ü	Dahm
Potentialtheorie	1V/1Ü	Hort
Migration reflexionsseismischer Daten	2V/1Ü	Vanelle
Seismische Wellen	2V/1Ü	Gajewski / Vanelle
Methodenkenntnis, Projektplanung, Fachliche Spezialisierung		die Lehrenden der Geophysik
Numerische seismische Modellierung	1V/3Ü	Tessmer
Digitale Signalbearbeitung	2V/2Ü	Gajewski / Zhebel
Glaziologie 2 – Theoretische Glaziologie	1V/1Ü	Humbert

### **Seminare und Kolloquia**

Geophysikalisches Seminar	2S	Dahm / Gajewski / Hort / Humbert
Geophysikalisches Seminar für Fortgeschrittene	2S	die Lehrenden der Geophysik
Geophysikalisches Kolloquium	2K	der Lehrkörper der Geophysikalischen Fächer
Seminar über arktische Glaziologie	2S	Humbert
Seminar climate change, glaciers and environmental conflict in the Himalaya region	2S	Humbert / Scheffran
Seminar zum Berufs- und Seapraktikum, Geophysik	2S	Dehghani / Hübscher
Seminar zum Berufs- und Seapraktikum, Ozeanographie	2S	Hainbucher

## **U HANNOVER – Geowissenschaften**

### **Masterstudiengang Geowissenschaften**

Geowissenschaftliche Charakterisierung von Gesteinen - In-situ-Untersuchungen / MG-6 Mont Terri Testlabor	B	Alheid
---	---	--------

## **U HANNOVER – Geodäsie und Geoinformatik**

Gravimetrie II	2V/Ü	Timmen
----------------	------	--------

## **U HEIDELBERG – Institut für Geowissenschaften**

Im SS 2011 keine geophysikalischen Veranstaltungen.

## **U INNSBRUCK – Institut für Meteorologie und Geophysik**

Geophysik	2V	Bleibinhaus
-----------	----	-------------

## U JENA – INSTITUT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Geophysikalische Felder und Verfahren Teil 1: Potentialverfahren	2V/1Ü	Jahr / Müller
Fallbeispiele geophysikalischer Erkundung: Marine Geophysik, Geothermie	2V/1S	Kukowski
Einführung in die geowissenschaftliche Software	1V/3Ü	Kukowski / Müller
Geothermie und geothermische Energienutzung	2V/1Ü	Kukowski
Finite Elemente und Differenzen	1V/2Ü	Kukowski
Seminar für Diplomanden, Doktoranden, Bachelor- und Master-Studierende der Geophysik	2S	Jentzsch / Kukowski
Potentialtheorie	2V	Malischewsky
Theorie seismischer Wellen II	2V	Malischewsky
Geophysikalische Methoden der Archäologie	2V/1S	Kroner
Magnetfeld der Erde	2V	Jentzsch
Fallstudie vulkanischer Gefährdung	1S	Jentzsch / Viereck-Götte
Geophysikalische Exkursion	E	Jahr / Jentzsch
Geophysikalische Geländeübung (Fortgeschrittene) (10 Tage)	E	Jahr

## KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT) – Geophysikalisches Institut

### Bachelorstudiengang Geophysik

Einführung in die Geophysik II	2V/1Ü	Wenzel / Gottschämmmer
Geophysikalische Geländeübungen	4Ü	Forbriger / Jetschny / Heider / Gottschämmmer / Westerhaus / Schenk
Der Hegau: Vulkanismus, Geologie, Landschaftsgeschichte – Begleitveranstaltung zu den Geländeübungen	2V	Wenzel / Volker

### Diplomstudiengang Geophysik

Physik der Erde	2V/1Ü	Wenzel / Barth
Breitband- und Arrayseismologie und Petrophysik des Erdmantels	4V/2Ü	Ritter / Schilling Ritter / Groos / Barth
Geophysikalisches Seminar für Studierende	2S	Ritter
Seminar über aktuelle Forschungsthemen der Seismik	1S	Bohlen
Seminar über aktuelle Fragen der Seismologie	2S	Ritter
Seminar über aktuelle Fragen der Risikoforschung (Honshu-Erdbeben)	2S	Wenzel / Gottschämmmer
Institutsseminar	2S	Bohlen / Wenzel / Jetschny
2tägige geophysikalische Exkursion in die Vulkaneifel	2E	Ritter / Gottschämmmer
Geophysikalische Exkursion zum Geothermiekraftwerk Landau und Musee Francais du Petrole Pechelbronn	2E	Bohlen / Forbriger / Gottschämmmer
Karlsruher Geowissenschaftliches Kolloquium	2K	Heck / Kotny / Ritter

## U KASSEL – Fachgebiet Geohydraulik und Ingenieurhydrologie

Einführung in die Ingenieurgeophysik	2V	Koch
Geothermie	2V	Koch

## U KIEL – Institut für Geowissenschaften

### Bachelorstudiengang

Einführung in die Geophysik II	2V/1GP	Götze / Mahatsente / Schmidt / Kopp / Wilken
Gravimetrie und Magnetik	2V	Götze
Übungen zu: Gravimetrie und Magnetik	2Ü	Schmidt
Marine Geophysik	4V/Ü	Berndt / Grevemeyer
Geoelektrik, EMI, GPR	4V/Ü	Rabbel / Jegen-Kulcsar / Thorwart
Messgeräte der Geophysik	2V	Dozenten der Geophysik
Feldpraktikum zu: Messgeräte der Geophysik	3GP	Dozenten der Geophysik
Einführung in Matlab	2V/Ü	Schmidt

### Masterstudiengang

Aufbau und Evolution der Erde	4V	Rabbel / Götze / Mitarbeiter
Geodynamics I (Tectonophysics)	4V/Ü	Mahatsente
Erdbeben und Seismologie	4V/Ü	Meier / Grevemeyer
Geophysikalische Signalanalyse	4V/Ü	Meier
Seismik II	4V/Ü	Thorwart / Wilken
Finite Elemente mit Matlab	4V/Ü	Rüpke
Digitale Bearbeitung geophysikalischer Daten (Seismologie)	4P	Thorwart
Digitale Bearbeitung geophysikalischer Daten (Seismische Interpretation)	4V/Ü	Krastel-Gudegast
Submarine Mapping Techniques	2V/Ü	Krastel-Gudegast
ISOS course on Acoustic Imaging of Sedimentary Features	1S	Krastel-Gudegast / Schrottke
Geophysikalische Feld- oder Seemessungen	6P	Dozenten der Geophysik
Geophysikalisches Seminar	2S	Götze und andere
Schwerpunktseminar aktuelle Forschungsthemen	1S	Götze / Meier / Mahatsente
Aktuelle Forschungsthemen der Marinen Geodynamik	1S	Behrmann / Kopp
Geowissenschaftliches Kolloquium	2K	Dozenten / Assistenten
Aktives Tutorium	1T	Götze

## U ZU KÖLN – Institut für Geophysik und Meteorologie

### Studiengang Bachelor (Geophysik und Meteorologie) und Diplom (Geophysik)

Geophysik II (Weltraumgeophysik)	3V/2Ü	Simon / Saur
Angewandte Geophysik für Geologen (Nicht-seismische Explorationsverfahren)	2V	Tezkan
Geophysikalisch-Meteorologisches Seminar (Geophysik) S		Simon / Saur
Fortgeschrittene Datenverarbeitungsmethoden der Geophysik	2S	Wennmacher
Seminar zur Fernerkundung	2S	Crewell / Löhner
Oberseminar Planetenforschung	2S	Pätzold / Tellmann
Oberseminar Extraterrestrische Physik	2S	Saur / Wennmacher / Simon / Neubauer
Bachelor-, Master-, Diplomanden- und Doktoranden- seminar	S	Crewell / Kerschgens / Saur / Shao / Tezkan / Fink / Emeis / Löhner
Oberseminar Angewandte Geophysik	S	Tezkan / Gurk
Einführung in die Geophysik und Meteorologie	2V	Tezkan

Plattentektonik und geophysikalische Exploration	3V	Tezkan
Plattentektonik und geophysikalische Exploration	2Ü	Tezkan / Gurk
Plattentektonik und geophysikalische Exploration	2P	Tezkan / Gurk / Bergers
Mathematische Methoden der Geophysik und Meteorologie I	3V	Elbern
Mathematische Methoden der Geophysik und Meteorologie I	3Ü	Elbern / Goris
Literaturseminar	S	Crewell / Kerschgens / Shao / Tezkan / Fink / Simon
Bachelorseminar Geophysik und Meteorologie	S	Crewell / Kerschgens / Saur / Tezkan / Fink
Geophysikalisches Praktikum	P	Tezkan / Bergers

### **Studiengang Master „Physik der Erde und der Atmosphäre“ (Geophysik/Meteorologie)**

Inverse Modellierung (findet im SS 2011 in Bonn statt)	3V/1Ü	Crewell / Tezkan
Weltraumgeophysik / Space Physics	3V	Simon / Saur
Weltraumgeophysik / Space Physics	2Ü	Simon / Roth / Saur
Geophysikalisches Fortgeschrittenen-Praktikum	P	Tezkan / Bergers

### **U LEIPZIG – Institut für Geophysik und Geologie**

Einführung in die Angewandte und Ingenieurgeophysik	2V	Sens-Schönfelder
Geophysikalische Übungen	2Ü	Flechsig
Geodatenanalyse	1V	Korn
Petrophysik	1V	Flechsig
Angewandte Seismik	2V	Schuck
Geoelektrische und elektromagnetische Verfahren	2V	Flechsig
Prozessing Praktikum (ProMAX)	2P	Zöllner / Sens-Schönfelder
Geophysikalisches Feldpraktikum		7Tage Flechsig
Seismische Wellen und globale Seismologie	2V	Korn
Digitale Datenverarbeitung und Inversionsverfahren	2V	Korn
Geophysikalische Datenanalyse	1Ü	Korn / Pomponi
Seismologische Auswertung	1P	Wendt
Geophysikalisches Seminar	2S	Sens-Schönfelder / Korn

### **U LEOBEN – Lehrstuhl für Geophysik**

Bachelorarbeit II im Bereich der Angewandten Geophysik	1PV	Lenhardt / Millahn / Niesner / Schnepf / Scholger / Schön
Geophysikalisches Projekt	3GU	Hyden / Niesner / Scholger / Steiner-Luckabauer
Methoden der Angewandten Geophysik	3IV	Gegenhuber / Hyden / Millahn / Niesner / Steiner-Luckabauer
Petrophysik der Reservoirgesteine	2IV	Gegenhuber / Schön
Petrophysik I	2VO	Gegenhuber / Schön
Übungen zu Petrophysik I	1Ü	Gegenhuber
Exkursion: Geophysik & Erdölgeologie	2E	Millahn / Steiner-Luckabauer
Formationsevaluation	2IV	Schön
Geophysikalische Grundverfahren/Montangeophysik	1V	Niesner / Scholger
Grundzüge der Umweltgeophysik	1V	Scholger
Petrophysik II	2V	Schön
Übungen zu Petrophysik II	1Ü	Gegenhuber

Reflexionsseismik	3IV	Marschall / Millahn
Spezielle Verfahren der Angewandten Geophysik	2IV	Niesner / Scholger
Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für die Diplomarbeiten und Dissertationen auf den Gebieten der Angewandten Geophysik und Petrophysik	2SE	Schön
Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Diplomarbeiten und Dissertationen auf den Gebieten der Angewandten Geophysik	4SE	Millahn
Ausgewählte Kapitel der Seismologie	1V/1Ü	Lenhardt
Einführung in die Geostatistik	2V	Millahn
Field Workshop UZAG	3E	Gawlick / Scholger
Hydrogeophysik	1V	Millahn
Magnetische Stratigraphie	1IV	Scholger
Seminar im UZAG Doktoratsprogramm	2S	Gawlick / Millahn / Prochaska / Raith / Sachsenhofer / Scholger / Thalhammer / Vortisch
Visualisierung geophysikalischer Messdaten	2IV	Millahn

## U MAINZ - Institut für Geowissenschaften

### Bachelorstudiengang Geowissenschaften

Angewandte Geophysik	2V/Ü	Bock
Angewandte Geophysik	2Ü	Bock / Jordan / Malm

### Diplomstudiengang

Angewandte Geophysik II - Seismik	2V/Ü	Bock
Gesteinsphysik 1 (Rheologie)	2V/Ü	Passchier

## U MÜNCHEN – Department für Geo- und Umweltwissenschaften, FR Geophysik

### Bachelorstudiengang Geowissenschaften

Angewandte Geophysik II	2V/1Ü	Gilder
Bachelorseminar Geophysik	2S	Bachtadse
Datenverarbeitung in der Geophysik II	2Ü	Barsch
Ergänzungen zur Angewandten Geophysik II	2V/2Ü	Egli / Gilder
Geophysikalisches Feldpraktikum I und I	GP	Bachtadse / Wassermann
Globale Geophysik II	2V/2Ü	Moder / Winklhofer

### Internationaler Masterstudiengang Geophysics

Computational Geophysics	2V/2Ü	Mohr
Geophysical Data-Acquisition and Analysis	B	Igel / Wassermann
Geodynamics	2V	Bunge
Paleo- and Geomagnetism	1V/1P	Egli
Modern Geodynamics	2S	Bunge
Modern Seismology	2V	Igel
Scientific Programming	2V/2Ü	Mohr
Seismology	2V	Sigloch
Special Topics in Geodynamics	2S	Bunge

Special Topics in Paleo- and Geomagnetism	2S	Gilder
Special Topics in Seismology	2S	Igel
<b><u>Weitere Veranstaltungen</u></b>		
Besuch eines seismischen Meßtrupps	E	Gebrande
Field studies in bio- and rock-magnetism	2P	Egli
Frontiers in Earth Sciences	2S	Dozenten des Münchener Geo-Zentrums
Geocomputing	2S	Mohr
Instrumentation in magnetism	1V/1P	Wack
Lunch Time Seminar	2S	Bunge / Gilder / Igel
MACES: Tomography Seminar	2S	Igel / Sigloch
Planet Mars and Martian Meteorites: Geophysics and Magnetism	2V	Hoffmann
Seismic and Physical Properties in the Mantle	2V/1Ü	Tajima
Wissenschaftliche Tiefbohrung: Fenster ins Erdinnere	2V	Soffel

## U MÜNSTER – Institut für Geophysik

### Studiengang Geophysik (Diplom)

Einführung in die geophysikalische Datenverarbeitung	2V/1Ü	Schmalzl / Thomas
Geophysikalische Grundlagen I	2V	Thomas
Übungen zur Vorlesung „Geophysikalische Grundlagen I“	1Ü	Thomas / Schumacher
Geophysikalisches Kolloquium	2K	Hansen / Thomas
Geophysik für Fortgeschrittene I - Seismik und Signalanalyse	2V	Thomas
Übungen zur Vorlesung “Geophysik für Fortgeschrittene I” (Seismik und Signalanalyse)	1Ü	Thomas / Lessing
Spezialvorlesung Geophysik II	2V	Becken / Hansen / Thomas
Geophysical Fluid Dynamics	2V/1Ü	Hansen / Stellmach
Modelling and Inversion	2V/1Ü	Becken / Hansen
Experimentelle Übung (internationaler Feldkurs)	B	Hansen / Schmalzl / Schmidt
Geophysikalisches Seminar	2S	Hansen / Stellmach / Thomas
Geophysikalisches Seminar	2S	De Siena / Hansen / Thomas
Seminar für Diplomanden und Doktoranden zu aktuellen Themen der Geophysik	1S	Hansen / Thomas / wiss. Mitarb.
Theoretikum: Geophysik, Theoretische Physik	TH	Becken / Hansen / Schmalzl / Schmidt / Stellmach / Thomas
Hauptpraktikum: Geophysik, Experimentalphysik	P	Becken / Hansen / Schmalzl / Schmidt / Stellmach / Thomas
Geophysik: Polarforschung, Umweltgeophysik	WA	Hansen
Geophysik: Geodynamik, Umweltgeophysik, Seismologie	WA	Becken / Hansen / Harder / Schmalzl / Schmidt / Stellmach / Thomas

### Studiengang Geophysik (Bachelor)

Einführung in die geophysikalische Datenverarbeitung	2V/1Ü	Schmalzl / Thomas
Geophysikalische Grundlagen I	2V	Thomas
Übungen zur Vorlesung “Geophysikalische Grundlagen I”	1Ü	Thomas / Schumacher
Einführung in die mathematischen Methoden der	2V	Hansen

Geophysik			
Übungen zur Vorlesung "Einführung in die mathematischen Methoden der Geophysik"	1Ü		Hansen / Brannaschke
Numerische Methoden der Geophysik	2V/1Ü		Hansen / Stellmach
Geophysik für Fortgeschrittene I - Seismik und Signalanalyse	2V		Thomas
Übungen zur Vorlesung "Geophysik für Fortgeschrittene I" - Seismik und Signalanalyse	1Ü		Thomas / Lessing
Experimentelle Übung (internationaler Feldkurs)	B		Hansen / Schmalzl / Schmidt /
Spezialvorlesung Geophysik II	2V		Becken / Hansen / Thomas
Geophysikalisches Seminar	2S		De Siena / Hansen / Thomas
Geophysikalisches Kolloquium II	2K		Hansen / Thomas

### Studiengang Geophysik (Master)

Analysis and Interpretation of Geophysical Data	2V/1Ü	Schmidt / Thomas
Experimentelle Übung	2Ü	De Siena / Schmidt / Thomas
Geophysical Fluid Dynamics	2V/1Ü	Hansen / Stellmach
Geophysikalisches Seminar	2S	Hansen / Stellmach / Thomas
Geophysikalisches Kolloquium	2K	Hansen / Thomas
Modelling and Inversion	2V/1Ü	Becken / Hansen
Advanced Fieldcourse	B	Becken / Hansen / Miensopust / Schmidt / Thomas

## **U Potsdam – Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Arbeitsgruppe Geophysik**

### Bachelorstudiengang

Grundlagen der Angewandten Geophysik	2V/2Ü	Tronicke / Krüger
Geländeübung zu Grundlagen der Angewandten Geophysik	GÜ	Lück
Seminar zum Projektpraktikum	S	Altenberger / Trauth / Tronicke
Einführung in die Physik der tiefen Erde	2V/2Ü	Krüger / Kühn / Riedel

### Masterstudiengang

Institutskolloquium Geowissenschaften	K	Eingeladene Wissenschaftler
Geländeübung Angewandte Geophysik (2 Wochen)	B	Lück / Tronicke
Grundlagen der Inversionstheorie	2V/2Ü	Ohrnberger
Anwendungen und nichtlineare Fallbeispiele	2V/Ü	Paasche
Rheologie der Gesteine: Theorie und Experiment	2V/Ü	Dresen / Zschau / Riedel
Physikalische Grundlagen der Plattentektonik	2V/Ü	Zschau / Riedel
Digitalseismologie (5 Tage)	B	Scherbaum
Praktische Übungen zur Digitalseismologie	2Ü	Scherbaum
Geoelektrik	2V/2Ü	Paasche
Geoelektrische Verfahren in der Anwendung (Geländeübung, 3 Tage)	GÜ(B)	Paasche
Theorie elastischer Wellen (II)	2V/2Ü	Krüger / Weber
Magnetotellurik und ihre Anwendung auf geodynamische Fragestellungen	2V/1Ü	Weckmann
Anwendung geophysikalischer Methoden: Ausgewählte Fallstudien	1Ü/S	Lück / Tronicke
Array-Seismologie	2V/2Ü	Ohrnberger
Geländeübung zur Array-Seismologie (5 Tage)	GÜ(B)	Ohrnberger
Seismogramminterpretation	2V/2Ü	Krüger

### Diplomstudiengang

Planetare Fernerkundung/Planetenphysik (inkl. Exkursion ans DLR Berlin)	2V	Arnold
Fluiddynamik	2V/2Ü	Seehafer
Geomagnetik II, Anwendungen (3 Tage)	B	Nowaczyk / Korte

### Mitarbeiterseminare und Kolloquien

Mitarbeiterseminar: Seismologie	2S	Scherbaum / Krüger / Ohrnberger / Kühn
Mitarbeiterseminar: Angewandte Geophysik Institutskolloquium	S 2K	Lück / Tronicke Eingeladene Wissenschaftler

## **U STUTTGART – Institut für Geophysik**

Allgemeine Geophysik II	2V	Joswig
Übungen zu Allg. Geophysik II	1Ü	Joswig / Eisermann
Geophysikalisches Praktikum	B	Joswig / Widmer-Schnidrig / Eisermann / Walter
Hydrogeophysics (WAREM)	2V	Joswig / Walter
Digitale Signalverarbeitung	2V	Joswig / Niethammer
Seminar Seismologie	2S	Joswig / Widmer-Schnidrig
Geophysikalisches Oberseminar	2S	Joswig

## **U TÜBINGEN – Arbeitsgruppe Geophysik**

<u>Bachelorstudiengänge</u>		
Geophysics 2	3V/Ü	Appel

## **TU WIEN – Institut für Geodäsie und Geophysik**

Current research in Advanced Geodesy, Geophysics and Remote Sensing	2V	Brückl
Geo-Koordinatensysteme	2V	Weber
Geodynamik	3V	Brückl
Geodynamik	2Ü	Mertl
Ingenieur-Geophysikalisches Feldpraktikum	2GÜ	Behm
Seminar Geodäsie, Geophysik, Photogrammetrie und Fernerkundung	2S	Schuh / Wieser / Behm
Theorie und Beobachtung des Erdschwerefeldes	2V	Weber

## **U WIEN – Department of Meteorology and Geophysics**

Fortgeschrittenen-Praktikum Geophysik	3P	Meurers
Modellrechnung in der Gravimetrie	1V	Meurers
Geophysikalische Exkursion	1E	Steinhauser
Exkursion 3D-Seismik	E	Merz / Römer

## U WÜRZBURG – Physikalisch-Vulkanologisches Labor

### Geophysik im Nebenfach

Übungen zur Angewandten Geophysik	GÜ(B)	Zimanowski / Büttner
Geophysikalisches Gerätapraktikum	GÜ(B)	Zimanowski / Büttner
Oberseminar Vulkanologie	2S	Zimanowski

## ETH ZÜRICH – Institut für Geophysik

### Bachelor

Geophysikalisches Feldpraktikum	B	Kradolfer
Geophysics: Gravimetry	2V/Ü	Tackley
Analyse von Zeitreihen in der Umweltphysik und Geophysik	2V	Deichmann
Dynamics of the Mantle and Lithosphere	2V/Ü	Kaus
Seismology of the Spherical Earth	2V/Ü	Boschi / Nissen-Meyer
Crustal Seismology	2V/Ü	Husen / Kissling
Case Studies in Engineering and Environmental Geophysics	3V/Ü	Green
Geophysics: Geomagnetism	2V/Ü	Jackson

### MSc Erdwissenschaften

Planetary Physics and Chemistry	2V/Ü	Deschamps
Seismology of the Spherical Earth	2V/Ü	Boschi / Nissen-Meyer
Dynamics of the Mantle and Lithosphere	2V/Ü	Kaus
Case Studies in Engineering and Environmental Geophysics	3V/Ü	Green
Crustal Seismology	2V/Ü	Husen / Kissling
Seminar in Seismologie	1S	Giardini / Edwards / Fäh / Goertz-Allmann / Wiemer
Seminar in Angewandter Geophysik und Umwelt-geophysik	1S	Green
Borehole Geophysics	2V/Ü	Evans / Maurer
Paleomagnetism	2V/Ü	Hirt / Donadini
Earth's Core and the Geodynamo	2V/Ü	Finlay
Inverse Theory for Geophysics	2V	Maurer / Haslinger
Geophysical Field Work and Processing: Methods	3V/Ü	Hertrich / Bürki / Green / Horstmeyer / Kalscheuer / Maurer
Introduction to Finite Element Modelling in Geosciences	3V/Ü	Kaus / May
Term Paper Geophysics II	9A	Kissling

### MSc Applied Geophysics

Geophysical Field Work and Processing: Methods	3V/Ü	Hertrich / Bürki / Green / Horstmeyer / Kalscheuer / Maurer
Geophysical Field Work and Processing: Preparation	3V/Ü	Hertrich / Bürki / Green / Horstmeyer / Kalscheuer / Maurer
Geophysical Field Work and Processing: Fieldwork	9P	Hertrich / Bürki / Green / Horstmeyer / Kalscheuer /

Inverse Theory for Geophysics	2V	Maurer
Case Studies in Engineering and Environmental Geophysics	3V/Ü	Maurer / Haslinger Green
Modeling for Applied Geophysics	2V/Ü	Maurer
Reflection Seismology Processing	6V/Ü	Horstmeyer / Carpentier
Geophysikalisches Kolloquium	1K	Nissen-Meyer

## Leserbrief

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

bei der Erstellung des vorliegenden Heftes bin ich im Zusammenhang mit dem Protokoll zur diesjährigen Mitgliederversammlung am 23.2.2011 in Köln (TOP 4 – Bericht des Präsidenten: Internes) daran erinnert worden, dass mir Folgendes bei der Zusammensetzung der Teilnehmer(innen) der Klausurtagung am 10. und 11.6.2010 in Grubenhagen zum Thema „Berufsbild des Geophysikers“ aufgefallen war:

1. eine Frau + 12 Männer; zwar sind von den DGG-Mitgliedern nur etwa 16 % weiblich, aber ein Anteil von 8 % hier erscheint mir dann doch als sehr gering. Zumal die Zusammensetzung des derzeitigen DGG-Vorstandes deutlich anders ausschaut: 24 % Frauen.

2. Diese eine Frau vertritt die Student(inn)en. Der damalige Präsident unserer Gesellschaft bat auf der Mitgliederversammlung am 17.3.2011 in Bochum (TOP 4) um Hinweise und Vorschläge an den Vorstand hinsichtlich der Teilnehmerliste mit 10 bis 12 Teilnehmern aus Lehre, Forschung und Industrie sowie studentischen Vertretern. Es gibt doch sicherlich nicht nur eine engagierte Frau in unserer Gesellschaft, die sich für die

Beschreibung des Berufsbildes „Geophysiker“ interessiert. Es sind jedenfalls Geophysikerinnen aus unserer Gesellschaft auf allen Ebenen in den Bereichen Hochschule (sowohl Lehr- als auch Wissenschaftspersonal), Forschungseinrichtungen, Behörden und der Industrie zu finden.

Folgendes Zitat aus dem auf der Klausurtagung erstellten Positionspapier mutet daher dann etwas seltsam an: „Ein Satz im Gremium, der die Eingangsfrage zumindest befriedigend beantwortet, jedoch sicher noch weiter qualifiziert werden kann, lautet: „Eine Geophysikerin ist eine Physikerin für die Geosphäre.“ „

Abschließend möchte ich noch bemerken, dass ich verwundert darüber bin, bisher noch keine „öffentlichen“ Kommentare zu dieser Sachlage gesehen zu haben.

Silke Hock (Hannover)



Aufnahmeantrag

Änderungsmeldung  
(bitte nur die zu ändernden Daten eintragen)

**Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.**

- Der Schatzmeister -  
c/o Dr. Alexander Rudloff  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
DEUTSCHLAND

Bearbeitungsvermerke:

Hiermit beantrage ich die Aufnahme in die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG) e.V.:

**Art der Mitgliedschaft:**

**Status**

persönlich

- |  |          |
|--|----------|
| <input type="checkbox"/> Junior (< 30 Jahre)                         | [10,- €] |
| <input type="checkbox"/> Mitglied                                    | [30,- €] |
| <input type="checkbox"/> Senior (> 65 Jahre)                         | [20,- €] |
| <input type="checkbox"/> Doppelmitglied (nur DPG, DMetG)             | [20,- €] |
| <input type="checkbox"/> BeitragsFrei (nur durch Vorstandsbeschluss) | [0,- €]  |

korporativ (z.B. Universitätsinstitute, Firmen)

- |  |          |
|--|----------|
| <input type="checkbox"/> Korporatives Mitglied                       | [30,- €] |
| <input type="checkbox"/> BeitragsFrei (nur durch Vorstandsbeschluss) | [0,- €]  |

**Adresse**

Name, Vorname, Titel: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_ / \_\_ / 19 \_\_

Anschrift privat: \_\_\_\_\_

Anschrift dienstlich: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

**Einer Veröffentlichung meiner Adressdaten in Publikationen\* der DGG stimme**  Ich zu  Ich nicht zu   
\*z.B. Mitgliederverzeichnis, DGG-Mitteilungen

**Geophysical Journal International (GJI) - Preise 2011**

**STANDARD - Paperversion (12 Hefte/Jahr)**

Junior (< 30 Jahre) [60,- €]  Mitglied (auch S, D, F) [186,- €]  Korporatives Mitglied [1.880,- €]

**PREMIUM - Paperversion (12 Hefte/Jahr) + ONLINE ZUGANG (1 Jahr)**

Junior (< 30 Jahre) [65,- €]  Mitglied (auch S, D, F) [191,- €]  Korporatives Mitglied [2.165,- €]

**ONLINE ZUGANG (1 Jahr)**

Junior & Mitglied (auch S, D, F) [5,50 €]

ohne GJI  ohne GJI Online Zugang

**Korrespondenzanschrift:**

Dienstanschrift

oder  Privatanschrift

**Aufnahme gewünscht ab:**

sofort

oder  Jahr \_\_\_\_\_

**Zahlung der Beiträge:**

Einzugsermächtigung (umseitig)

oder  gegen Rechnung

Folgende Mitglieder der DGG kann ich als Referenz(en) angeben (§ 4.4 der Satzung):

Referenz Nr. 1 - Name, Ort: \_\_\_\_\_

Referenz Nr. 2 - Name, Ort: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ort, Datum)

\_\_\_\_\_ (Unterschrift des/r Antragstellers/in)

[DGG\_Aufnahme\_2011]

Stand: 30.11.2010, AR]

**EINZUGSERMÄCHTIGUNG (gilt nur für Konten in Deutschland):**

Hiermit erteile ich der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) die Erlaubnis, den

DGG Mitgliedsbeitrag sowie falls zutreffend die  Kosten für das GJI

von meinem Girokonto per Lastschrift abzubuchen. Die Erlaubnis gilt bis auf Widerruf.

Name: \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_

Kontonummer: \_\_\_\_\_ Bankleitzahl: \_\_\_\_\_

Name, ggf. Ort der Bank: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ort, Datum)

\_\_\_\_\_ (Unterschrift des/r Kontoinhabers/in)

## Termine geowissenschaftlicher Veranstaltungen

<b>Fragile Earth</b> München <a href="http://geomunich2011.de">http://geomunich2011.de</a>	04.09.-07.09.2011
<b>Mathematical Geosciences at the Crossroads of Theory and Practice (IAMG)</b> Salzburg <a href="http://www.iamg2011.at/">http://www.iamg2011.at/</a>	05.09.-09.09.2011
<b>Second workshop on geophysical measurements in waste management</b> Malmö	06.09.-07.09.2011
<b>17th EAGE Near Surface Geophysics Meeting (Near Surface 2011)</b> Leicester, UK <a href="http://www.eage.org">http://www.eage.org</a>	12.09.-14.09.2011
<b>12. D-A-CH-Tagung 2011 Erdbeben und Baudynamik</b> Hannover <a href="http://dgeb.org">http://dgeb.org</a>	15.09.-16.09.2011
<b>ModelCare 2011</b> UFZ, Leipzig <a href="http://www.modelcare2011.org/MODELCARE_2011/Start.html">http://www.modelcare2011.org/MODELCARE_2011/Start.html</a>	18.09.-22.09.2011
<b>2nd INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering</b> Korinth, Griechenland <a href="http://www.paleoseismicity.org/corinth-2011/">http://www.paleoseismicity.org/corinth-2011/</a>	19.09.-24.09.2011
<b>Schmucker-Weidelt-Kolloquium für Elektromagnetische Tiefenforschung</b> Neustadt/Weinstraße	26.09.-30.09.2011
<b>Schmucker-Weidelt-Kolloquium für Elektromagnetische Tiefenforschung</b> Neustadt/Weinstraße	26.09.-30.09.2011
<b>37. Sitzung der AG Seismologie des FKPE</b> Akademie Sankt Peter bei Flensburg	27.09.-29.09.2011
<b>11. Workshop FKPE-Arbeitskreis „Bohrlochgeophysik und Gesteinsphysik“</b> Hannover <a href="http://www.fkpe.org">http://www.fkpe.org</a>	06.10.-07.10.2011
<b>Rundtisch-Gespräch „Georadar“</b> Freiberg	06.10.-07.10.2011
<b>Student Technical Conference 2011</b> Petroleum & Drilling Engineering, Hydrocarbon-related Geosciences, Geothermics Wietze <a href="http://www.gsspe.de">http://www.gsspe.de</a>	13.10.-14.10.2011
<b>1<sup>st</sup> Sustainable Earth Sciences Conference &amp; Exhibition (SES 2011)</b> Valencia, Spain <a href="http://www.eage.org">http://www.eage.org</a>	08.11.-11.11.2011
<b>First International Conference on Engineering Geophysics</b> Al Ain, United Arab Emirates <a href="http://www.eage.org">http://www.eage.org</a>	11.12.-14.12.2011
<b>EAGE Workshop on Applications &amp; Challenges of Rock Physics for Quantitative Geophysical Interpretation</b> Dubai, United Arab Emirates <a href="http://www.eage.org">http://www.eage.org</a>	15.01.-18.01.2012
<b>72. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft</b> Hamburg <a href="http://www.geophysics.zmaw.de/index.php?id=532">http://www.geophysics.zmaw.de/index.php?id=532</a>	03.03.-08.03.2012
<b>Understanding the Behaviour of CO<sub>2</sub> in Geologic Storage Reservoirs</b> Edinburgh, UK <a href="http://www.eage.org">http://www.eage.org</a>	26.03.-27.03.2012

Bitte die Termine geowissenschaftlicher Konferenzen, Seminare, Workshops, Kolloquien, Veranstaltungen etc., die für die Mitglieder der DGG von Interesse sein könnten, an Dr. Thomas Günther (E-Mail: [thomas.guenther@liag-hannover.de](mailto:thomas.guenther@liag-hannover.de)) oder an die Redaktion schicken, damit diese in dieser Aufstellung erscheinen können.

Absender:

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. (DGG) -  
Geschäftsstelle Helmholtz-Zentrum Potsdam  
Deutsches GeoForschungsZentrum - GFZ, 14473 Potsdam  
PVSt., Deutsche Post AG, Entgelt bezahlt