

Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland



Jubiläumsschrift
Deutsche Geophysikalische Gesellschaft
1922 - 1997

Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland

Jubiläumsschrift
zur 75jährigen Wiederkehr der Gründung der
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

Herausgegeben von
H. Neunhöfer, M. Börngen, A. Junge, J. Schweitzer
im Auftrag der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

Hamburg 1997

Impressum

Herausgeber im Auftrag des Vorstandes der
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG):

H. Neunhöfer, Jena
M. Börngen, Leipzig
A. Junge, Frankfurt am Main
J. Schweitzer, Bochum

Layout: Ch. Lidzba, Frankfurt am Main

Druck: F.-M. Druck, Karben

Geschäftsstelle der DGG:

H. Wiederhold (Schriftführerin)
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
- Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben -
Stilleweg 2, 30655 Hannover
e-mail: dgg@bgr.de
DGG-Homepage: [http:// www-seismo.hannover.bgr.de/dgg/dgg.html](http://www-seismo.hannover.bgr.de/dgg/dgg.html)

VORWORT

Am 9. Dezember 1993 traf sich auf Einladung des damaligen Vorsitzenden (R. Hänel) in Hannover eine kleine Gruppe von historisch interessierten Mitgliedern, um darüber zu beraten, wie der 75. Jahrestag der Gründung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft geeignet gestaltet werden kann. Es wurde der Ad-hoc-Arbeitskreis '75 Jahre DGG' gegründet, dem das Ausarbeiten von Vorschlägen dazu übertragen wurde. Sehr bald kristallisierte sich ein kleiner Kreis von Personen heraus, der sich dieser Aufgabe annahm. Ganz am Anfang schon wurde die Idee geboren, anlässlich des Jubiläums eine Jubiläumsschrift herauszugeben. Bei dieser Entscheidung stand die Erinnerung an eine ähnliche Schrift Pate, die zum 50jährigen Jubiläum erfolgreich herausgebracht worden war.

Die Jubiläumsschrift sollte einen geschichtlichen Überblick enthalten bis in die Gegenwart. Nicht viel später wurde vom Vorstand der DGG auch die Idee einer Denkschrift aufgenommen, die sich ausgehend von der Gegenwart mit den Zukunftsperspektiven der Geophysik beschäftigen soll. Beide Schriften zusammen sollen somit Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ansprechen.

Der Rahmen, der für die Jubiläumsschrift gefunden wurde, sah insbesondere vier Schwerpunkte vor:

- Die Geschichte der DGG ist zu aktualisieren, indem vor allem die an Ereignissen reichen letzten 25 Jahre aufgenommen werden; nach Möglichkeit sind auch Ergänzungen vorausgegangener Darstellungen angestrebt.
- Den geophysikalischen Instituten und Institutionen wird die Möglichkeit gegeben, ihre eigene Geschichte darzustellen. Das erscheint zum jetzigen Zeitpunkt fast zwingend zu sein, da an einer Reihe von Einrichtungen personelle Wechsel stattgefunden haben, die einen Rückblick auf das erfolgreiche Wirken verdienstvoller Persönlichkeiten nahelegen.
- Besonders in den letzten 25 Jahren wurden in der deutschen Geophysik auch Großprojekte angegangen. Eine Auswahl wird in einem weiteren Abschnitt beschrieben.
- In Anlehnung an die Festschrift zum 50jährigen Gründungsjubiläum wird schließlich noch ein Kapitel zu geophysikalischen 'Detailthemen' vorgesehen. In ihm werden auch Beiträge aufgenommen, die Traditionslinien bzw. Arbeiten betreffen, die in der früheren DDR aufgenommen worden waren und z.T. keine direkte Fortsetzung an einer Nachfolgeinstitution gefunden haben.

Nachdem die Konzeption feststand, wurden die Mitglieder der Gesellschaft auf vielfältige Weise um Beiträge gebeten; es wurde darum auf Mitgliederversammlungen und in den Mitteilungen der DGG geworben; in manchen Fällen wurden die Autoren direkt angesprochen. Die Resonanz war ausgesprochen gut, und den Autoren gebührt der Dank für ihre Beiträge.

Der Ad-hoc-Arbeitskreis hat sich bemüht, die Jubiläumsschrift so ausgewogen wie möglich zu gestalten und dem Anlaß gerecht zu werden. Die redaktionelle Bearbeitung der Beiträge wurde von einigen Mitgliedern des Ad-hoc-Arbeitskreises übernommen, die Herausgabe erfolgt zusammen mit dem Herausgeber der Mitteilungen der DGG. Außer einer oberen Grenze für den Umfang wurde den Autoren bei der Gestaltung ihrer Beiträge freie Hand gelassen. Die Herausgeber sind den Autoren für ihre Mitarbeit und ihre Disziplin dankbar, aber auch für die Bereitschaft, in einigen Fällen im Interesse einer Angleichung Modifikationen vorzunehmen. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich.

Der Umfang der Festschrift durfte nicht ausufern. Deshalb konnte vor allem in den Kapiteln 2 bis 4 keine Vollständigkeit angestrebt werden. Das bedeutet auch, daß nicht alle Institute, an denen Geophysik gelehrt wird, mit einem Beitrag zu ihrer Geschichte vertreten sind.

In einer so schnellebigen Zeit wie der, in der wir uns heute zweifelsohne befinden, ist es das Anliegen des vorliegenden Bandes, darauf hinzuweisen, daß es einer erfolgreichen, zukunftsorientierten Wissenschaftsdisziplin angemessen ist, sich ihrer Wurzeln zu erinnern, auf denen der heutige Kenntnisstand aufbaut, und auch zu verstehen, wie unsere heutigen Strukturen entstanden sind.

H. Neunhöfer
Leiter des Arbeitskreises
„75 Jahre DGG“

F.M. Neubauer
Vorsitzender der DGG

Inhaltsverzeichnis

Erstes Kapitel

Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, 1922 - 1997

Michael Börngen, Joachim Homilius & Franz Jacobs 7

Zweites Kapitel

Institute und Institutionen

Ludwig Ahorner

Geschichte der Erdbebenstation Bensberg 27

Hans Berckhemer

Zur Geschichte der Geophysik an der Universität Frankfurt a. M. 33

Adolf Best

Zur Geschichte des Adolf-Schmidt-Observatoriums für Geomagnetismus in Niemegek 38

Hans-Jürgen Dürbaum & Klaus Hinz

Geophysik in der Bundesanstalt in Hannover 43

Ludwig Engelhard

Geschichte des Instituts für Geophysik und Meteorologie der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig 47

Jürgen Fertig

Geschichte des Instituts für Geophysik der TU Clausthal 1927 - 1995 54

Ralph Hänel & Joachim Homilius

Geophysik bei den Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben in Hannover 56

Franz Jacobs & Michael Börngen

Zur Geschichte des Instituts für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig 65

Manfred Laube, Adolf Ebel & Fritz M. Neubauer

Das Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln 72

Jannis Makris & Hans Bodo Hirschleber

Geschichte des Geophysikalischen Instituts zu Hamburg 78

Rolf Meißner & Hans-Peter Tiedemann

Geschichte des Instituts für Geophysik an der Christian-Albrechts-Universität Kiel und der Erdbebenwarte Helgoland 82

Christian Oelsner

Zur Geschichte des Instituts für Geophysik der TU Bergakademie Freiberg 87

Peter Röwer

Geschichte des Instituts für Geophysik der Freien Universität zu Berlin 93

Horst Rüter

Die Geschichte der Geophysik in Bochum 98

Dieter Seidl & Helmut Aichele

Die Geschichte des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF) 101

Manfred Siebert

Geschichte des Instituts für Geophysik in Göttingen 107

Heinrich C. Soffel & Helmut Vidal

Geschichte der Wissenschaftlichen Einrichtung "Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik und Geophysikalisches Observatorium" der Universität München 115

Jürgen Untiedt & Hartmut Jödicke

Geschichte des Instituts für Geophysik der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster 121

<i>Dietrich Voppel</i>	
Angewandte marine Geowissenschaften - von der deutschen Seewarte und dem Marineobservatorium über das Deutsche Hydrographische Institut bis zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	128
<i>Erhard Wielandt & Rolf Schick</i>	
Hundert Jahre Erdbebenforschung in Stuttgart	134
<i>Helmut Wilhelm</i>	
Geschichte des Geophysikalischen Instituts der Universität Karlsruhe (TH)	140
Drittes Kapitel	
Geophysikalische Großprojekte	
<i>Hans-Jürgen Behr</i>	
Die Geophysik im kontinentalen Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB) aus der Sicht eines Geologen	143
<i>Hans-Jürgen Dürbaum, Gerhard Dohr & Rolf Meißner</i>	
Das Deutsche Reflexionsseismische Programm (DEKORP)	149
<i>Karl Rawer</i>	
Das Satellitenprojekt AEROS	155
Viertes Kapitel	
Geophysikalische Aufgaben	
<i>Günter Buntebarth</i>	
Beobachtungen, Ergebnisse und Hypothesen zur Wärmelehre des Erdkörpers, eine historische Betrachtung der Geothermie	163
<i>Hans Dostmann & Karl Hinz</i>	
Das alte SEISMOS- und PRAKLA-Berichtsarchiv (1922-1945): Was ist damit geschehen?	168
<i>Lothar Dresen</i>	
Krey-Flözwellen	173
<i>Claus Elstner, Martina Harnisch & Günter Harnisch</i>	
Gravimetrische Arbeiten im Geodätischen Institut und im Zentralinstitut Physik der Erde Potsdam 1870 - 1991	182
<i>Helmut Gaertner & Stefan Pröhl</i>	
Forschungsarbeiten zur reflexionsseismischen Erkundung im ehemaligen VEB Geophysik Leipzig	187
<i>Peter Giese & Claus Prodehl</i>	
Die Aktivitäten deutscher geophysikalischer Institutionen in der Refraktionsseismik im Zeitraum von 1975 bis 1996, ein Überblick	193
<i>Horst Neunhöfer</i>	
Überwachung nichttektonischer Erderschütterungen in Mittel-Ostdeutschland mit lokalen seismischen Stationen	201
<i>Horst Neunhöfer</i>	
Zur Geschichte der Beobachtung von Erdbeben aus dem Vogtland	206
<i>Ulrich Stötzner & D. Weintritt</i>	
Zur Geschichte der geophysikalischen Erkundung in der DDR	211
<i>Erhard Unterreitmeier</i>	
Seismische Station (1899-1964) und Seismometrie in Jena	217

Index

Autorenverzeichnis

DIE DEUTSCHE GEOPHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT, 1922-1997

Michael Börngen, Joachim Homilius & Franz Jacobs

Vorbemerkung

Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG) kann im Jahr 1997 auf ihr 75jähriges Bestehen zurückblicken. Die Daten und Fakten zu diesem Ereignis sollen in der nachfolgenden Arbeit wiedergegeben werden. Bei zwei vorangegangenen Anlässen - dem 30jährigen und 50jährigen Bestehen der Gesellschaft - wurde ihre Geschichte von HILLER (1953) und KOENIG (1974) in einer Dokumentation zusammengetragen. Wir beziehen uns auf diese Arbeiten, geben sie in groben Zügen wieder und erweitern die Dokumentation um die letzten 25 Jahre. Eine Graphik (Abb. 4) soll das Lesen der Arbeit erleichtern.

Die Öffnung der innerdeutschen Grenze im Jahre 1989 hat ganz neue Aspekte auch für die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft gebracht. Die Zahl der Mitglieder ist sprunghaft gestiegen. Die Geophysiker der neuen Bundesländer mit den traditionsreichen Standorten Freiberg, Jena, Leipzig und Potsdam sind wieder voll in die Arbeit der Gesellschaft einbezogen. Dies schlägt sich nicht zuletzt in dem Beschluß des Vorstandes nieder, die Jahresversammlungen verstärkt dort abzuhalten (Leipzig 1992, Freiberg 1996, Potsdam 1997) und dem DGG-Archiv, das zunächst in Hannover zusammengetragen wurde, am Gründungsort der Gesellschaft in Leipzig seinen endgültigen Standort zu geben.

Leider ist die Überlieferung von Originaldokumenten aus den Jahren vor dem Zweiten Weltkrieg lückenhaft. Deshalb wird manche Frage zur Geschichte der Gesellschaft erst durch den Fund weiterer Unterlagen geklärt werden können oder für immer unbeantwortet bleiben müssen.

Allgemeine Vereinsgeschichte

Anläßlich der Jahresversammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte im September 1922 in Leipzig wurde auf Anregung von Emil Wiechert (Abb. 1) von 24 Teilnehmern (Tab. 1) die "Deutsche Seismologische Gesellschaft" gegründet.

Dieser Zusammenschluß deutscher Geophysiker muß vor dem historischen Hintergrund der Situation Deutschlands nach dem Ersten Weltkrieg gesehen werden. Der Krieg hatte das Land sowohl in wirtschaftliche wie auch in wissenschaftliche Isolierung geführt. Um so dringender war die Initiative bedeutender und international anerkannter Wissenschaftler zur inneren Konsolidierung und zu nach außen gerichteten Aktivitäten. Die Seismologen machten den Anfang. Bereits zwei Jahre nach der Gründung der Gesellschaft wurde ihr Aufgabenbereich auf die übrigen zum Fach Geophysik zählenden Disziplinen erweitert. Während der dritten Jahrestagung der Deutschen Seismo-



Abb. 1: Emil Wiechert (1861-1928) - Initiator und Ehrenvorsitzender der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

logischen Gesellschaft im September 1924 in Innsbruck, die wiederum in Verbindung mit der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte abgehalten wurde, beschlossen die Mitglieder die Umbenennung in "Deutsche Geophysikalische Gesellschaft".

Den Umfang des erweiterten Arbeitsgebietes der Gesellschaft erkennt man aus der Einteilung, die dem ersten Band der Zeitschrift für Geophysik vorangestellt wurde:

I. Bewegung und Konstitution der Erde.

1. Rotation, Umlauf, Präzession, Nutation, Polschwankung.
2. Masse, Schwere, Figur, Dichte, Elastizität der Erde.
3. Zusammensetzung, Druck, Temperatur des Erdkörpers, des Meeres und der Atmosphäre, Aggregatzustand des Erdkörpers.
4. Massenverteilung im Erdinnern, isostatische Lagerung.

II. Deformationen, Strömungen, Schwingungen.

1. Geologische Hebungen und Senkungen, Faltung, Gebirgsbildung, Vereisung, Gletscherbewegung, Vulkanismus.
2. Gezeiten der Atmosphäre, des Meeres und des festen Erdkörpers.

3. Wellenbewegung und Strömungen in Luft und Wasser.
4. Elastische Deformationen, Seismizität der Erde, Seismik, Schallausbreitung in Luft, Wasser und Erde.

III. Elektrisches und magnetisches Feld der Erde.

1. Das innere, permanente Magnetfeld der Erde, seine geographische Verteilung und säkulare Variation.
2. Das erdmagnetische Außenfeld und seine periodischen Variationen. Erdmagnetische Störungen.
3. Erdströme und Polarlicht.
4. Lufterlektrizität. Radioaktivität der Erde, des Meeres und der Luft.

IV. Kosmische Physik (in ihrer Beziehung zur Erde und ihrer Atmosphäre).

1. Geschichte der Erde, Altersbestimmung der Erde als Ganzes und ihrer Kruste.
2. Solarkonstante, Strahlung der Erde und ihre Atmosphäre, Durchlässigkeit der Atmosphäre für alle Wellenlängen, für die durchdringende Strahlung, Licht-, Wärme-, drahtlose Wellen.
3. Beziehung der Sonnentätigkeit zum Wärmehaushalt der Erde und zu ihrem elektrischen und magnetischen Feld.
4. Klimaschwankung.

V. Angewandte Geophysik.

1. Schwerkraft) Methoden zur Bestimmung
2. Seismische) der Lagerung der Erdschichten
3. Magnetische) zu geologischen
4. Elektrische) und bergbaulichen Zwecken.
5. Physikalische Abstands- und Höhenmessungen, Tiefenbestimmungen des Meeres.
6. Richtungsbestimmungen mittels Magnet- und Kreiselkompass.

VI. Als Grenzgebiete gelten:

1. Meteorologie; 2. Hydrologie; 3. Physiogeographie; 4. Geodäsie; 5. Geologie; 6. Astronomie; 7. Astrophysik; 8. Physik; 9. Chemie; 10. Mathematik.

Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft beschloß auf der Mitgliederversammlung anlässlich der Tagung in Dresden am 3. Okt. 1929 einige Änderungen ihrer ersten Satzung. Ein Widerspruch im Modus des Austauschs der Vorstandsmitglieder und die Machtergreifung der Nationalsozialisten 1933 machten eine neue Diskussion der Satzung notwendig. Der DGG-Vorstand hatte deshalb diesen Punkt auf die Tagesordnung der Mitgliederversammlung anlässlich der Tagung in Bad Pyrmont im September 1934 gesetzt und gleichzeitig - in einem Akt von vorauseilendem Gehorsam - den Mitgliedern vorgeschlagen, die gesamte Satzung von 1929 aufzuheben und durch eine neue, dem 'Führerprinzip' folgende zu ersetzen. Alternativ wurde vorgeschlagen, die alte Satzung nur durch den sogenannten 'Arier'-Paragraphen des "Gesetzes zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums" vom 7. April 1933 für Mitglieder des Vorstandes (nicht für einfache Mitglieder!) zu ergänzen und den Widerspruch im Wahlmodus zu beseitigen.

Soweit man den heute noch vorliegenden Unterlagen entnehmen kann, ist sicher, daß die am 14. Sept. 1934 anwesenden Mitglieder nicht die alte Satzung durch die vorgeschlagene neue ersetzen, sondern lediglich den Fehler in der alten Satzung korrigierten. Ob der 'Arier'-Paragraph für Mitglieder des Vorstandes eingeführt wurde, ist im Protokoll nicht belegt, könnte aber auch aus Vorsicht beim Abdruck des Protokolls in der ja international verbreiteten Zeitschrift für Geophysik weggelassen worden sein. Ein akutes Problem scheint dieser Punkt allerdings nicht gewe-



Abb.2: Julius Bartels (1899-1964), langjähriger Vorsitzender der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

sen zu sein, denn in der Tischvorlage der Bad Pyrmontener Mitgliederversammlung wurde betont, daß der Vorstand ohnehin den geltenden Bestimmungen entspräche.

Das Ende des Zweiten Weltkrieges brachte eine Unterbrechung in der Geschichte der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, weil diese 1945 auf Anordnung der Alliierten aufgelöst wurde. Doch der innere Zusammenhalt der Geophysiker konnte die kurze Periode, in der die Gesellschaft formal nicht mehr bestand, überbrücken.

Bereits zu Beginn des Jahres 1946 wurde der frühere Vorsitzende, Julius Bartels (Abb. 2), von vielen ehemaligen Mitgliedern gedrängt, die Neugründung der Gesellschaft vorzubereiten. Er lehnte dieses jedoch mit dem Hinweis ab, daß es im Hinblick auf das Mißtrauen der Alliierten besser sei, wenn sie von jemandem organisiert werde, der nicht der alten Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vorgestanden habe. Im übrigen empfahl er, als Vorstufe für eine "Deutsche Geophysikalische Gesellschaft" zunächst eine "Geophysikalische Gesellschaft in Hamburg" zu gründen, weil hierzu die notwendige Genehmigung der zuständigen britischen Militärregierung leichter zu erhalten sei. So kam es am 20. Nov. 1947 zur Gründung dieser nach außen regional erscheinenden Gesellschaft. Ihr traten 52 Fachkollegen bei, die Ernst Kleinschmidt zu ihrem Vorsitzenden wählten. Am 23. Mai 1949 erfolgte mit der Verkündung des Grundgesetzes die Gründung der Bundesrepublik Deutschland in den Grenzen der drei westlichen Besatzungszonen. Im Herbst des gleichen Jahres, anlässlich der Tagung in Clausthal, konnten damit die Mitglieder die

Rückbenennung in "Deutsche Geophysikalische Gesellschaft" beschließen.

Die Aktivitäten der Gesellschaft richteten sich in jener Zeit des Wiederaufbaus nicht allein auf das Abhalten von Tagungen und das Wiederaufleben der Zeitschrift; es galt, die Wissenschaft selbst nach innen und außen neu zu organisieren. In ihrer Tätigkeit wurde die Gesellschaft jedoch bis 1989 immer stärker auf das Gebiet der Bundesrepublik beschränkt. Ungeachtet vielerlei Behinderungen seitens ostdeutscher Behörden war es immerhin bis Mitte der 60er Jahre noch möglich, in der DDR mit Zustimmung der vorgesetzten Dienststelle Mitglied der Gesellschaft zu werden. Die weitere Entwicklung aber wurde stark vom allergischen Reagieren der Machthaber in der DDR auf alles, was nach 'Alleinvertretungsanspruch der BRD' und nach 'gesamtdeutschen Aktivitäten' aussah, bestimmt (vgl. Abschnitte "Vorstand", "Tagungen").

In den Jahren nach 1955 wurden neue geowissenschaftliche Institute gegründet, andere ausgebaut und personell verstärkt. So entstanden aus dem Geophysikalischen Institut der Universität Hamburg, dem langjährigen Stützpunkt der Gesellschaft nach dem Kriege, das Institut für Meereskunde, das Meteorologische Institut und das Institut für die Physik des Erdkörpers. Bis zu dieser Zeit spiegelt die DGG-Mitgliederstruktur etwa den fachlichen Umfang wieder, wie er für die Zeitschrift für Geophysik im Jahre 1924 konzipiert worden war. Unter den Vorsitzenden und Stellvertretenden Vorsitzenden waren Fachvertreter der Meteorologie und der physikalischen Ozeanographie. Der letzte Vorsitzende, dessen Arbeitsgebiet nicht die Feste Erde oder die Aeronomie umfaßte, war von 1966 bis 1968 Karl Brocks. Danach gab es in diesen Funktionen nur noch Vertreter der Geophysik im engeren Sinne.

Diese Konzentration auf das Kerngebiet 'Geophysik' war wegen der Verästelung und der Expansion der ursprünglichen Teilgebiete notwendig geworden. Beispielhaft ist hier der Ausbau der Angewandten und Explorationsgeophysik in Institutionen und Firmen im Raum Hannover. Auf der anderen Seite sahen die jungen Ozeanographen in der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft nicht mehr ihre

wissenschaftliche Heimstatt, weil auch die Meereskunde zunehmend mit den aufstrebenden Fächern Meereschemie, -biologie und -geologie zusammenarbeitete. Folgerichtig gründeten sie 1980 die neue "Deutsche Gesellschaft für Meereskunde" (DGM). Von da an bildete sich die DGG-Mitgliederstruktur heraus, wie wir sie heute vorfinden.

Zweimal gab sich die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft nach dem Zweiten Weltkrieg eine neue Satzung; das erste Mal bei der Wiedergründung 1947 und ein zweites Mal 1972. Die neuere Satzung wurde nach längeren grundsätzlichen Diskussionen abgefaßt und von der Mitgliederversammlung am 23. Feb. 1972 in Frankfurt a. M. verabschiedet. Die neue Satzung löste die ältere aus dem Jahr 1947 formal ab, aber inhaltlich legte sie nur das fest, was sich bis dahin als 'Spielregel' bewährt hatte. Die zum damaligen Zeitpunkt auf rund 540 Mitglieder angewachsene Gesellschaft ließ es im Hinblick auf finanzielle Überlegungen zweckmäßig erscheinen, dieser die äußere Form einer juristischen Person zu geben. Die Eintragung in das Vereinsregister erfolgte am 17. Nov. 1972 in Hamburg.

Wichtige Ereignisse in der Geschichte der Gesellschaft spiegeln sich in den Mitgliederzahlen (Abb. 3) wider. Dies gilt in erster Linie für die durch den Zweiten Weltkrieg gesetzte Zäsur. Nach dem Neubeginn 1947 war ein stetiges Wachstum zu verzeichnen, das erst 1980 unterbrochen und von einem leichten Rückgang abgelöst wurde. Der Austritt korporativer Mitglieder, eine vorübergehende Verminderung des Studentenanteils sowie der Wechsel einiger Fachkollegen zur DGM zählen zu den Ursachen. Die verstärkte Mitgliedschaft von Studenten ab Ende der 80er Jahre und natürlich der Beitritt der Geophysiker Ostdeutschlands ab 1990 führten wieder zu einem steilen Aufwärtstrend in der Mitgliederentwicklung.

Vorstand

Mit Ausnahme der Zeitspanne von 1930 bis 1945 fand in der Regel alle zwei Jahre gelegentlich einer Tagung ein Wechsel im Vorsitz der Gesellschaft statt (Tab. 2).

Der gewählte Vorsitzende wurde in seiner Arbeit durch einen, zeitweise (1924 bis 1967) durch zwei Stellvertreter unterstützt (Tab. 3). Seit 1947 hat es sich eingebürgert, daß der Vorsitzende nach Ablauf seiner Amtsperiode zum Stellvertreter wird. 1953 wurde der Vorschlag gemacht, daß im dreiköpfigen Vorstand immer ein Vertreter der Angewandten Geophysik sein müsse. Außerdem gab es ab 1955 einen Repräsentanten Ostdeutschlands. Obwohl die Mitarbeit der DDR-Wissenschaftler ab 1967 unmöglich geworden war, wurde dieser Platz in den folgenden Jahren freigehalten.

Zur Verbesserung der Kontinuität in der Vorstandsarbeit wurde 1967 das Amt des designierten Vorsitzenden geschaffen. Die automatische Ämterfolge "Designierter Vorsitzender - Vorsitzender - Stellvertretender Vorsitzender" ist seitdem nicht unterbrochen worden.

Wesentlich länger als die Amtsperiode der Vorsitzenden war die des Schatzmeisters bzw. Kassenwarts (Tab. 4) sowie des Schriftführers (Tab. 5). Das letztgenannte Amt

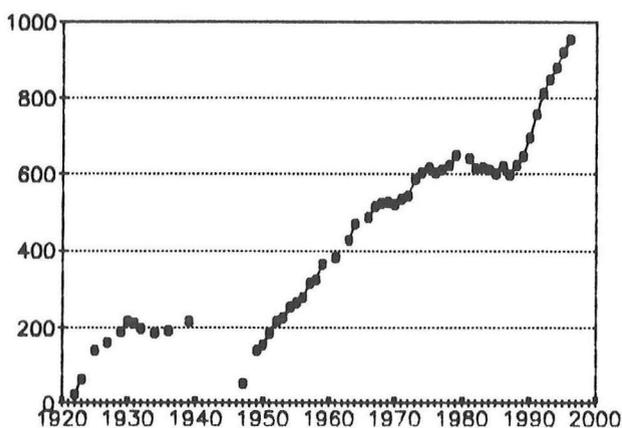
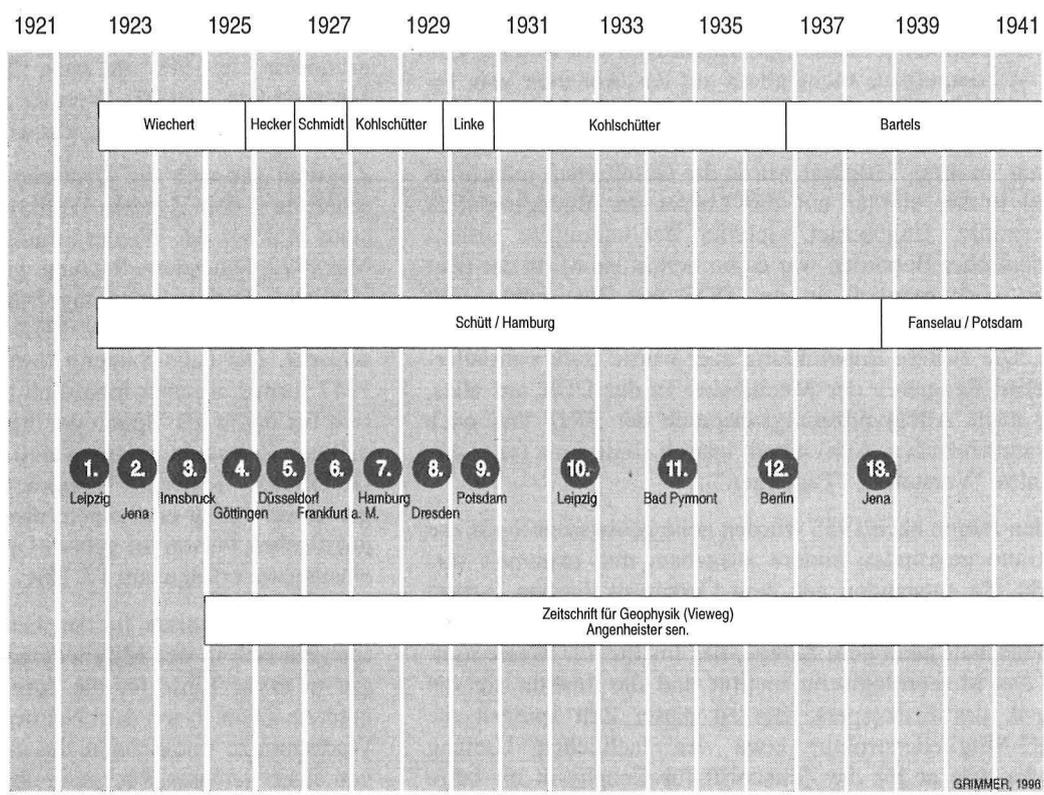
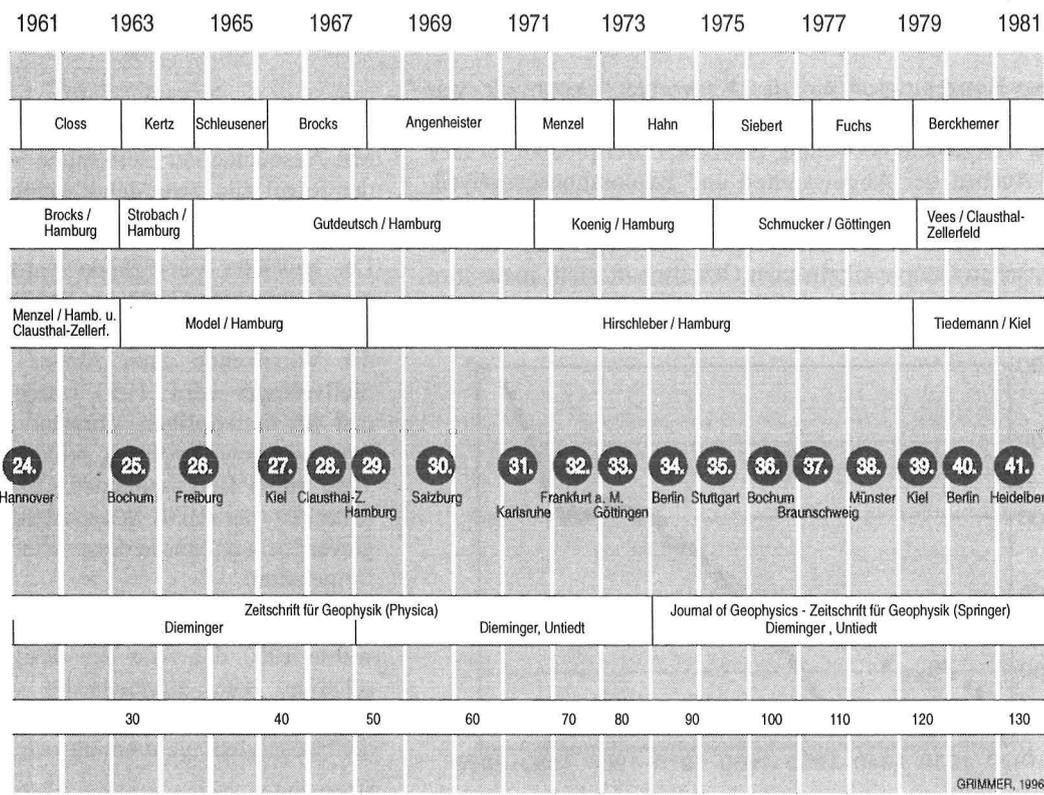


Abb. 3: Mitgliederentwicklung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

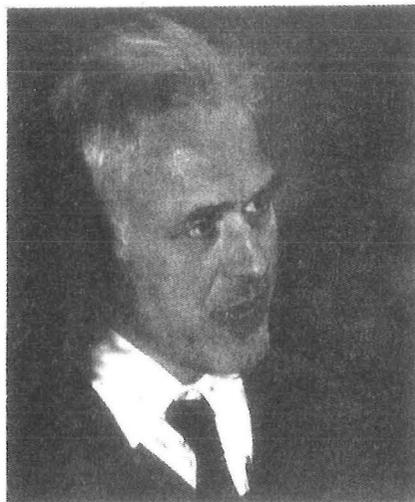


GRIMMER, 1996

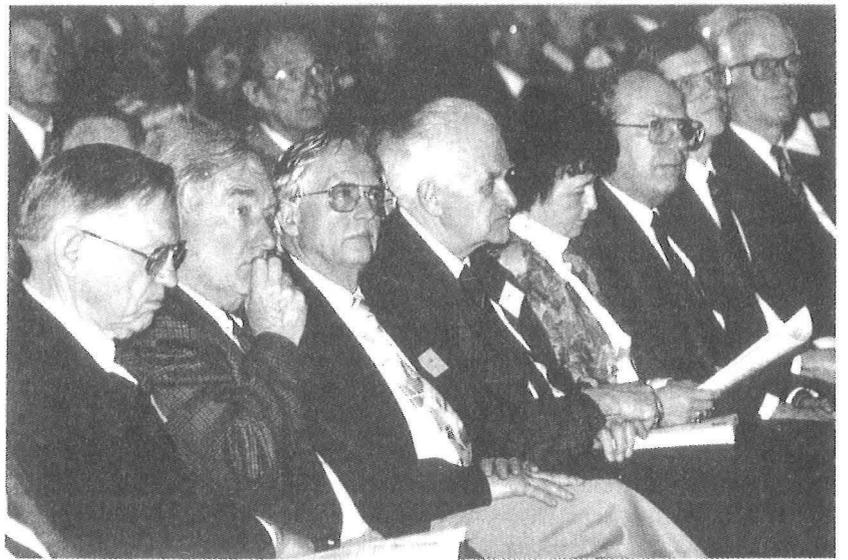
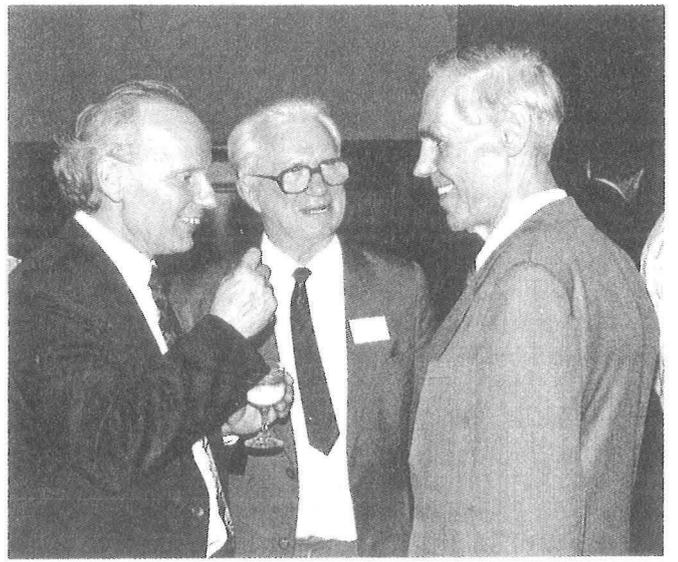
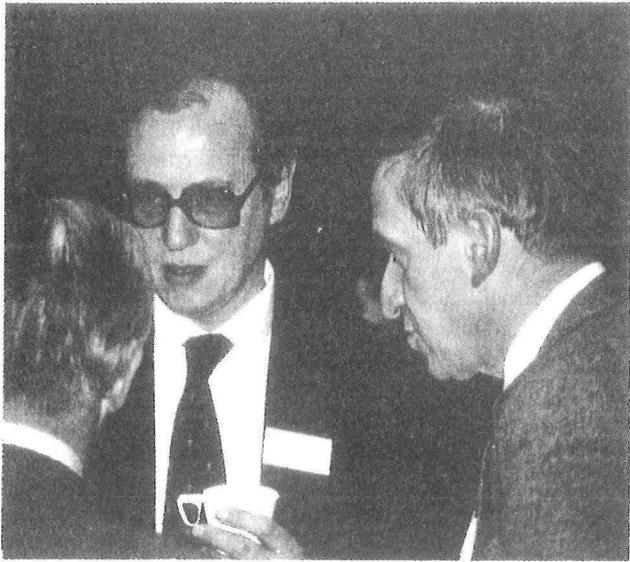
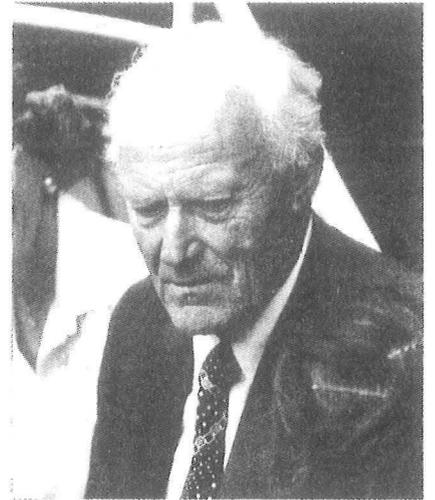
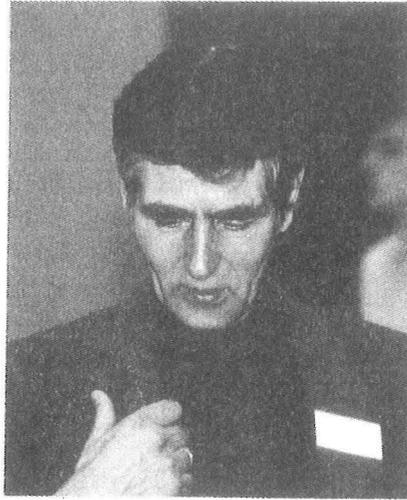


GRIMMER, 1996

Abb. 4: Synopsis wichtiger Daten (Vorstand, Tagungen, Zeitschrift und Mitteilungen) zur Geschichte der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft



*Abb. 5: Bilder von Tagungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft.
 oben: 16. Jahrestagung 1950 in Hamburg; links: in der vorderen Reihe F. Errulat (darüber H.G. Macht), E. Tams und K. Jung; rechts in der vorderen Reihe O. Förtsch und W. Kertz, dahinter ganz rechts W. Hiller.
 Mitte: 22. Jahrestagung 1958 in Leipzig; links: O. Meißer und K. Jung; rechts: W. Dieminger
 unten: 42. Jahrestagung 1982 in Hannover; von links nach rechts W. Schmucker, H. Menzel, G. Angenheister jun.*



oben: 1982; von links nach rechts O. Rosenbach, J. Untiedt und H. Closs

Mitte links: 1982: H.-J. Dürbaum und P. Giese; Mitte rechts: 1992; F. Jacobs, Gruntorad, W. Kertz

unten: 1992; links R. Lauterbach, W. Zettel; rechts K. Helbig, S.K. Runcorn, R. Meißner (dahinter H. Berckhemer), H. Dürschner, Frau Dürschner, K. Fuchs, H. Wilhelm

wurde 1947 eingerichtet. Bis zum Kriege gehörte der Schriftleiter der Gesellschaftszeitschrift zum Vorstand. Seitdem ist er automatisch Mitglied des Beirats. Dieser ist Teil des erweiterten Vorstands und besteht heute aus bis zu zehn Fachkolleginnen oder Fachkollegen, die für vier Jahre gewählt werden.

Ehrungen

Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft ehrt in besonderer Weise Mitglieder, die sich um die Geophysik und um die Gesellschaft verdient gemacht haben. Sie ernannte 1925 Emil Wiechert zum Ehrenvorsitzenden und später weitere Persönlichkeiten aus ihren Reihen zu Ehrenmitgliedern (Tab. 6).

Auf Anregung von Ludger Mintrop stiftete die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft am 28. April 1955 anlässlich der Tagung in München die "Emil-Wiechert-Medaille", um besondere Verdienste auf dem Gebiet der Geophysik zu würdigen. Die bisherigen Träger dieser Medaille sind in Tab. 7 aufgeführt.

Tagungen

Von Anfang an hat die Gesellschaft als wichtigstes Hilfsmittel zur Lösung ihrer selbstgestellten Aufgabe, der *"Mehring und Verbreitung des geophysikalischen Wissens in Forschung, Lehre und Anwendung"*, die Veranstaltung von Tagungen (Tab. 8) angesehen. Bis 1930 fanden die Tagungen jedes Jahr statt. Danach sollten sie mit denen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft wechseln. Die 13. und letzte Tagung vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs wurde 1938 in Jena veranstaltet. Bemerkenswert sind die zwei Themen, die dort besonders herausgestellt wurden: die "Angewandte Geophysik im Dienste der Bodenforschung" vor dem Hintergrund der Geophysikalischen Reichsaufnahme und die "Schwankungen des erdmagnetischen Feldes" mit besonderer Würdigung der Arbeiten Filchners in Innerasien.

Erst 10 Jahre später - knapp drei Monate nach der Währungsreform am 21. Juni 1948 - fanden sich die Mitglieder der Geophysikalischen Gesellschaft in Hamburg und der beiden Meteorologischen Gesellschaften (Bad Kissingen, Hamburg) sowie Gäste und Studenten in der durch Kriegseinwirkung schwer beschädigten Hansestadt zur ersten Nachkriegstagung ein.

Neben der Beteiligung an dem Hamburger Geophysikalischen Kolloquium, das in den ersten Nachkriegsjahren eine besondere Bedeutung gewonnen hatte, konnten wieder regelmäßig - ab 1971 erneut im Jahresrhythmus - Tagungen veranstaltet werden (Abb. 5). Oftmals wurden diese mit der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, der Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik, der Geologischen Vereinigung und anderen Gesellschaften (vgl. Tab. 8) gemeinsam ausgerichtet (vgl. Abschnitt "Nachbargesellschaften").

Betrüblich waren die Behinderungen der Tagungen, die sich aus der Teilung Deutschlands in die Besatzungszonen ergaben. Während bis Anfang der 60er Jahre auch Geophysikern und Geophysik-Studenten Ostdeutschlands die

Teilnahme an DGG-Tagungen möglich war, ja sogar die Jahrestagung 1958 in Leipzig veranstaltet werden konnte, wurde in den nachfolgenden Jahren die Verhärtung der Folgen der Teilung Deutschlands besonders schmerzlich empfunden. Ab Mitte der 60er Jahre verstärkten sich die staatlichen Restriktionen in der DDR hinsichtlich einer Tagungsteilnahme, Kommunikation und Mitgliedschaft von Geophysikern Ostdeutschlands in der Gesellschaft.

Die Geophysiker im Osten Deutschlands versuchten dennoch ihren inneren Zusammenhalt im Sinne der o.g. *"Mehring und Verbreitung des geophysikalischen Wissens"* zu wahren und führten Tagungen und Zusammenkünfte im Rahmen des von der Akademie der Wissenschaften berufenen "Nationalkomitees für Geodäsie und Geophysik der DDR (NKGK)" und innerhalb des "Fachverbandes Geophysik" der "Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR" durch. Dabei wurden anfangs der Verein Ungarischer Geophysiker und später auch entsprechende geophysikalische Vereinigungen anderer osteuropäischer Staaten mit einbezogen.

Zum Glück gehört die weitgehende Abschottung seit 1989 der Vergangenheit an, und die Geophysiker im Westen und Osten Deutschlands vereinte schnell wieder eine aktive DGG-Mitgliedschaft, -Tagungsteilnahme, ungehinderte Kommunikation und Durchführung gemeinsamer Projekte.

Erstmals bei der 48. Jahrestagung in Köln 1988 wurde dem Vortragszyklus ein praxisorientiertes Kolloquium vorangestellt. Der Erfolg dieser Veranstaltung ermutigte die Gesellschaft, diese Einrichtung beizubehalten. Seit Gründung des Arbeitskreises "Angewandte Geophysik" im Jahre 1992 wird die Organisation der Kolloquia von diesem übernommen.

Zeitschrift, Mitteilungen

Die von der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft herausgegebenen Zeitschriften (Tab. 9) dienen als weiteres wichtiges Mittel zur Verbreitung geophysikalischen Wissens. Die "Zeitschrift für Geophysik" erschien seit 1924 beim Verlag Friedrich Vieweg & Sohn AG in Braunschweig. Schriftleiter war Gustav Angenheister sen.. Neben Originalarbeiten und Mitteilungen der Gesellschaft enthielt die Zeitschrift von Anfang an ein Verzeichnis der laufend erschienenen geophysikalischen Literatur. Ab drittem Band wurde das Literaturverzeichnis durch den Abdruck der Referate geophysikalischer Arbeiten aus den "Physikalischen Berichten" ergänzt. Wegen der Kriegereignisse konnten vom 18. Jahrgang (1943) nur noch vier Hefte erscheinen. Heft 5/6 lag im August 1944 druckfertig vor, wurde aber im Satz durch Kriegseinwirkung vernichtet.

Es vergingen zehn Jahre, bis ein Wiedererscheinen möglich wurde. Zunächst (1953) kam ein Sonderband aus Anlaß des dreißigjährigen Bestehens der Gesellschaft heraus, der durch Spenden finanziert wurde und nachträglich die Bandnummer 19 erhielt. Ab 1955 erschien die Zeitschrift dann wieder regelmäßig, nun beim Physica-Verlag, Würzburg. Schriftleiter war Bernhard Brockamp. Dieses Amt übergab er 1961 Walter Dieminger, dem seit 1968 Jürgen Untiedt in dieser Tätigkeit zur Seite stand.

Die Aufnahme eines Literaturverzeichnisses und der geophysikalischen Referate wurde nach dem Krieg nicht fortgesetzt. Während bis Ende der 60er Jahre in der Zeitschrift nur vereinzelt Artikel in englischer Sprache erschienen waren, nahm in den folgenden Jahren der Anteil englischsprachiger Artikel wie auch ausländischer Autoren stark zu. Gleichzeitig wurde das Gutachtersystem den bei international anerkannten Zeitschriften üblichen Gepflogenheiten immer mehr angeglichen. Dank der finanziellen Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) konnte zudem der Umfang der Zeitschrift vergrößert und die Druckqualität im Laufe der Jahre verbessert werden.

Die Gesellschaft war jedoch bestrebt, die DFG-Unterstützung auslaufen zu lassen und die Voraussetzungen für eine größere internationale Verbreitung zu schaffen. So erfolgte mit dem Jahrgang 40 (1974) ein Verlagswechsel zum Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. Mit dem Verlagswechsel verbunden war die Erweiterung des Titels auf "Journal of Geophysics - Zeitschrift für Geophysik", worin der in Zukunft überwiegende englischsprachige Anteil der Artikel zum Ausdruck kommen sollte. An die Stelle der Schriftleiter trat ein international zusammengesetztes 'Editorial Board', dessen zunächst sieben, dann acht Mitglieder zur Entgegennahme und Bearbeitung von Manuskripten berechtigt waren. Anfangs zwei, später drei von ihnen entschieden als 'Managing Editors' (Haupterausgeber) über die endgültige Annahme oder Ablehnung der Artikel und besorgten die Endredaktion. Es waren dieses neben- bzw. nacheinander (vgl. Tab. 9) Walter Dieminger, Gerhard Müller, Jürgen Untiedt und Peter Weidelt. Einer der Managing Editors nahm jeweils de facto die Funktion eines Sprechers des Herausgeberkollegiums insbesondere gegenüber Verlag und Gesellschaft wahr. In dieser Weise wirkten Jürgen Untiedt von 1974 bis 1986 und Gerhard Müller von 1987 bis 1988.

Entsprechend der wechselnden Mitgliederzahl (vgl. Abb. 3) war die Auflagenhöhe der Zeitschrift unterschiedlich. Im Jahre 1973 betrug sie 1000 Exemplare. Die Anzahl der von den Mitgliedern bezogenen Zeitschriftenhefte und der über den Buchhandel vertriebenen Bände war sowohl vor 1945 als auch später stets etwa gleich groß. 1983 erschien im Band 53 (S. 83-125) ein nach Autoren geordnetes Register für die Bände 1 bis 50.

Anfang der 80er Jahre nahm das Interesse der Mitglieder an Veröffentlichungen in der Zeitschrift wegen ihrer trotz aller Anstrengungen begrenzten internationalen Verbreitung deutlich ab. Versuche mit französischen und italienischen Zeitschriften zusammenzugehen, schlugen fehl. 1988 verbanden sich das 1958 gegründete englische Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society (RAS), das Journal of Geophysics - Zeitschrift für Geophysik und die 1983 gegründete französische Annales Geophysicae, Serie B zum Geophysical Journal (International). Die Bandzählung schloß sich an die der erstgenannten Zeitschrift an. Herausgeber der von Blackwell Scientific Publications verlegten Zeitschrift sind die RAS, die EGS (European Geophysical Society) und die DGG. Von seiten der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft ist Gerhard Müller

als einer der Main Editors mit der fachlichen Betreuung beauftragt.

Die in der Zeitschrift veröffentlichten "Mitteilungen" wurden - vor allem im Interesse ihrer internationalen Verbreitung - nach dem Krieg stark beschnitten. Dafür fand die Reihe der schon vor dem Wiederaufleben der Zeitschrift in zwangloser Folge vom Vorstand herausgegebenen "Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft" Fortsetzung (vgl. Abb. 4). Hierin wurde über die Tagungen, insbesondere die Geschäftsversammlungen und sonstige für Geophysiker wichtige Ereignisse berichtet. Die Redaktion der Mitteilungen lag in den Händen des jeweiligen Schriftführers.

Seit 1968 werden den Mitteilungen Verzeichnisse der geophysikalischen Vorlesungen an den deutschsprachigen Universitäten und Technischen Hochschulen beigelegt, und seit 1981 sind auch die Mitteilungen der Alfred-Wegener-Stiftung in die der Gesellschaft einbezogen.

Mit der Einstellung der Zeitschrift für Geophysik (1988) wurde eine neue Form der Mitteilungen gewählt. Ab 1988 erscheinen sie im vergrößerten Format, im verstärkten Umfang und im ansprechenden Layout. Durch Aufnahme zahlreicher Fachartikel und Erhalt einer ISSN wurden die Mitteilungen inzwischen zu einer vollwertigen und zitierfähigen Zeitschrift ausgebaut. Diese Entwicklung ist maßgeblich den verantwortlichen Redakteuren Siegfried Greinwald und Hartmut Jödicke zu verdanken und wird von Andreas Junge fortgeführt.

Arbeitskreise der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

Als erster Arbeitskreis der Gesellschaft darf vielleicht die schon 1922 gegründete "Makroseismische Kommission" (Mitglieder: Karl Andréé, Königsberg, Franz Kossmat, Leipzig, Carl Wolfgang Lutz, München, Ernst Tams, Hamburg und als Obmann August Sieberg, Jena) angesehen werden.

Derzeit bestehen an der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft acht auf unbestimmte Zeit beauftragte Arbeitskreise und zwei Ad-hoc-Arbeitskreise (Tab. 10).

Nachbargesellschaften

Zu anderen wissenschaftlichen Gesellschaften mit verwandten Arbeitsgebieten unterhielt die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft stets gutnachbarliche Beziehungen. Das gilt natürlich ganz besonders für die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, aus deren Schoß sie seinerzeit hervorging. Vier Tagungen (1922, 1924, 1926, 1928) fanden im Zusammenhang mit Versammlungen dieser Gesellschaft statt.

Als nächstes sind die Deutsche Meteorologische Gesellschaft und ihre Vorläufer- bzw. Nachfolgerorganisationen zu nennen. Erinnert sei an den turnusmäßigen Wechsel der Tagungen in den 30er Jahren, an die ersten vier Hamburger Tagungen nach dem Krieg (1948, 1950, 1952, 1956), die gemeinsam mit den Meteorologischen Gesellschaften in Bad Kissingen und in Hamburg veranstaltet wurden.

Schließlich sei die mit dem Verband Deutscher Meteorologischer Gesellschaften ebenfalls in Hamburg gemeinsam durchgeführte Tagung im Jahr 1968 erwähnt. Ein Vertreter der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft ist eingeladen, als 'ständiger' Gast an den Sitzungen des Vorstandes teilzunehmen.

Im Oktober 1959 beschloß die Mitgliederversammlung den Beitritt der Gesellschaft zum Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften, der späteren Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Dieser Beitritt wurde allerdings erst im Dezember 1960 vollzogen. Seitdem ist die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft assoziiert. Zu Vorstandssitzungen beider Verbände entsendet die jeweils andere einen Vertreter. Der enge Kontakt der beiden Gesellschaften kam unter anderem in der 1969 in Salzburg in Verbindung mit der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft abgehaltenen gemeinsamen Tagung zum Ausdruck.

Seit 1967 besteht eine von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft gemeinsam getragene "Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik (AEP)". Später haben sich auch die Astronomische Gesellschaft und der Verband Deutscher Meteorologischer Gesellschaften der Trägerschaft angeschlossen. Diese Arbeitsgemeinschaft ist für die Mitglieder aller beteiligten Gesellschaften offen. Die Göttinger Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft 1973 fand erstmals in Verbindung mit einer Tagung dieser Arbeitsgemeinschaft statt.

Das Deutsche Komitee für Meeresforschung und Meerestechnik (DKMM) wurde 1973 auf Initiative des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und der Schiffbautechnischen Gesellschaft zusammen mit elf weiteren Institutionen gegründet, um Informationen aus Meeresforschung und Meerestechnik zusammenzutragen und zu koordinieren. Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft gehört zu den Gründungsmitgliedern des Komitees.

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden vier Tagungen (1972, 1978, 1984, 1990) gemeinsam mit Fachkollegen der Geologie und Mineralogie veranstaltet. Es sei daran erinnert, daß bereits 1938 diejenigen wissenschaftlichen Gesellschaften, zu deren Aufgaben die Erforschung der Erdrinde gehört, die Deutsche Geologische Gesellschaft, die Deutsche Paläontologische Gesellschaft, die Deutsche Mineralogische Gesellschaft und die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, eine Arbeitsgemeinschaft (u.a. mit dem Ziel gemeinsamer Tagungen) vereinbart hatten.

Themen wie Berufsaussichten und moderne Ausbildung sind in der zurückliegenden Zeit die Berührungspunkte zwischen dem Bundesverband Deutscher Geologen, Geophysiker und Mineralogen (BDG) als berufsständischer Vertretung und der DGG als wissenschaftlicher Gesellschaft.

Deutsche Forschungsgemeinschaft

Ein Jahr nach Gründung des Deutschen Forschungsrates, der sich später mit der "Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft" zur "Deutschen Forschungsgemeinschaft"

(DFG) zusammenschloß, wurde die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft im März 1950 in den Beirat dieser Organisation aufgenommen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat in der Folgezeit die Geophysik sehr tatkräftig unterstützt. Hervorzuheben sind die Leistungen der ersten Leiter des Referats Geowissenschaften Waldemar Heitz und Franz Goerlich. Sie schufen in der DFG die Senatskommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung, die sich 1969 konstituierte.

Ohne stetige Förderung durch die DFG wäre eine Beteiligung an den großen internationalen Unternehmungen nicht möglich gewesen. Auch die Zeitschrift für Geophysik erhielt - wie erwähnt - jahrelang einen nicht unbeträchtlichen Druckkostenzuschuß von der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft ist vorschlagsberechtigt bei den Wahlen der Fachgutachter.

Forschungskollegium Physik des Erdkörpers

Besondere Beziehungen werden zum "Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V." (FKPE) unterhalten. Die Gründung des Kollegiums wurde am 9. März 1964 in Bad Kreuznach von 13 Instituts- bzw. Abteilungsleitern beschlossen, die Eintragung in das Vereinsregister des Amtsgerichtes Bonn erfolgte am 3. Juni 1965. Erster Vorsitzender war Heinz Menzel. Die Mitglieder werden kooperiert, wobei das Kollegium darauf achtet, daß möglichst alle Institutionen vertreten sind und trotzdem die Arbeitsfähigkeit des Kreises gewährleistet ist. Die Sitzungen des FKPE finden meist zweimal im Jahr statt.

Die Zielstellung des Kollegiums geht aus den ersten Worten der Satzung hervor: *"Aus der Erkenntnis, daß zur Weiterentwicklung der Physik des Erdkörpers Gemeinschaftsaufgaben notwendig sind, die die Übernahme von Verpflichtungen in einem Ausmaß notwendig machen, wie sie von einem einzelnen Institutsleiter nicht mehr getragen werden können, haben sich die Leiter von geophysikalischen Forschungsinstitutionen in der Bundesrepublik Deutschland zu einem Verein zusammengeschlossen."*

Aufgabengebiete des FKPE sind:

- Stimulierung, Durchführung und Kontrolle von nationalen und internationalen Forschungsprojekten in Zusammenarbeit von Instituten bzw. Institutionen (z.B. das Deutsche Kontinentale Reflexionsseismische Programm [DEKORP]),
- Betreuung von Forschungseinrichtungen (z.B. das Seismologische Zentral-Observatorium Gräfenberg),
- Unterstützung der DFG, insbesondere der Senatskommission für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (z.B. Beantwortung von Anfragen).

Während diese Aufgaben allein dem FKPE zuzuordnen sind, gibt es mannigfaltige Bereiche, in denen eine Kooperation zwischen FKPE und DGG unerlässlich ist.

So gehören Arbeitsgruppen, die nicht im Dienste von Forschungsprojekten stehen, vorrangig in den Zuständigkeitsbereich der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft. Als diese auf der Stuttgarter Tagung 1989 die Einrichtung von Seminaren mit Sommerschul- und Weiterbildungscharakter beschloß, einigte sie sich mit dem Forschungskollegium,

die FKPE-Fortbildungsseminare in Neustadt/Weinstraße zu übernehmen und als DGG-Seminare fortzuführen. Seit damals wurden mehrere dieser Veranstaltungen mit 30 bis 70 Teilnehmern durchgeführt.

Weitere Felder der Zusammenarbeit sind:

-Mitwirkung von FKPE-Arbeitsgruppen bei der Vorbereitung der DGG-Jahrestagungen,

-Gemeinsame Anstrengungen zur Förderung der Zusammenarbeit von Hochschulen, Behörden und Firmen auf dem Gebiet der Geophysik im Falle konkreter Projekte,

-Information über Tätigkeit des Forschungskollegiums durch Veröffentlichung der Berichte des FKPE-Vorsitzenden in den DGG-Mitteilungen.

Die Förderung der Zusammenarbeit zwischen dem Kollegium und der Gesellschaft ist vordringliche Aufgabe der Vorsitzenden beider Gremien. Deshalb wird der Vorsitzende des Forschungskollegiums regelmäßig zu den Sitzungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft eingeladen. Umgekehrt ist deren Vorsitzender ex officio Mitglied des Forschungskollegiums.

Alfred-Wegener-Stiftung

Im Hinblick auf die wachsende Gefährdung des Gesamtsystems Erde wurde Ende der 70er Jahre die Notwendigkeit des gemeinsamen Handelns der einzelnen geowissenschaftlichen Disziplinen erkannt. So beschlossen am 25. Feb. 1980, im 100. Geburts- und 50. Todesjahr von Alfred Wegener, 12 geowissenschaftliche Gesellschaften - unter ihnen die DGG und das FKPE - eine Stiftung zur Förderung der geowissenschaftlichen Forschung ins Leben zu rufen. Der Name Alfred Wegener, des auf zahlreichen geowissenschaftlichen Gebieten ideenreich tätigen Forschers, sollte Ansporn sein und die Bedeutung der für Fortschritte in den Geowissenschaften unverzichtbaren Interdisziplinarität zum Ausdruck bringen.

Heute wird die Alfred-Wegener-Stiftung (AWS) von 20 deutschen geo- und ingenieurwissenschaftlichen Gesellschaften und Verbänden getragen. Sie veranstaltet jährlich eine Alfred-Wegener-Konferenz und zusätzlich einen Workshop, auf dem aktuelle fachübergreifende Themen behandelt werden. Alle zwei Jahre, beginnend 1991, wird eine "Geotechnica" - Kongreß und Messe - veranstaltet, die bisher gemeinsam mit der KölnMesse durchgeführt wurde und im Mai 1997 zum vierten Mal in Köln stattfinden wird. Hier werden geowissenschaftliche Themen durch Aussteller aus aller Welt und einschlägige Vorträge von Fachleuten einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Unter dem Motto "Bewahrung der Erde - Herausforderung an Wissenschaft und Technik" sollen Themen wie "Von der Exploration zur sinnvollen und umweltverträglichen Nutzung unserer Lagerstätten" oder wie "Entsorgungsprobleme" das ganze Spektrum der Geowissenschaften abdecken. Die Stiftung hat wesentlich zum Erfolg der Anlaufphase der Großforschungsvorhaben Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB) und Deutsches Kontinentales Reflexionsseismisches Programm (DEKORP) beigetragen.

Seit 1981 berichten die halbjährlichen Mitteilungen der Alfred-Wegener-Stiftung über deren Aktivitäten. Organ der Stiftung ist seit 1983 die Zeitschrift "Die Geowissenschaften" (bis 1987 "Geowissenschaften in unserer Zeit"), die monatlich im Verlag Ernst & Sohn, Berlin (bis Mitte 1993 bei der VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim) erscheint und seit einiger Zeit durch spezielle Themenhefte ein besonderes fachübergreifendes Interesse weckt. Außerdem erscheint einige Male im Jahr TERRA NOSTRA: ein Büchlein mit 'extended abstracts' von Alfred-Wegener-Konferenzen, -workshops und Spezialtagungen.

Um den wachsenden Aufgaben der Alfred-Wegener-Stiftung gerecht werden zu können, wurden flankierend zwei weitere Strukturen ins Leben gerufen: Die Alfred-Wegener-GmbH, die die Beratung und Organisation vieler Aufgaben übernimmt und die Alfred-Wegener-Fördergesellschaft, die auch persönliche Mitglieder in ihre Reihen aufnimmt.

Die aus verschiedenen Fachgebieten stammenden Präsidenten der Alfred-Wegener-Stiftung spiegeln die Interdisziplinarität der Geowissenschaften wieder (Tab. 11). Langjähriger Geschäftsführer der Stiftung (bis 1987) war Franz Goerlich

Internationale Beziehungen

Nach dem Ersten Weltkrieg waren die offiziellen Beziehungen zwischen deutschen und ausländischen Geophysikern gründlich gestört. Davon zeugen die Berichte über die Geschäftssitzungen der ersten Tagungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft. Gegen Ende der 20er Jahre standen aber wieder mehr die gemeinsamen Interessen an der internationalen Forschung im Vordergrund, und durch persönliche Kontakte war manches Mißverständnis beigelegt worden. So konnten viele deutsche Wissenschaftler bereits 1930 auf Einladung der internationalen Organisationen als Gäste an den Sitzungen der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) in Stockholm teilnehmen.

Leider waren in den folgenden Jahren den Bemühungen von Ernst Kohlschütter, einen Beitritt des Deutschen Reiches zur IUGG herbeizuführen, vor allem wohl aus Devisenknappheit des Reiches, kein Erfolg vergönnt. Noch an der IUGG-Tagung 1936 in Edinburgh konnten die Deutschen nur als Gäste teilnehmen, obwohl allgemein der Beitritt Deutschlands von den Delegierten der anderen Staaten erwartet worden war. Erst im Februar 1937 konnte Kohlschütter als Vorsitzender der bereits 1932 auch auf Betreiben der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft gegründeten Deutschen Vereinigung für Geophysik und Geodäsie (DVGG) offiziell den Beitritt des Deutschen Reiches zur IUGG erklären, nachdem endlich das Reichsfinanzministerium eine dauerhafte Finanzierung der Beitragskosten abgesichert hatte.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Bundesrepublik Deutschland bereits 1951 auf der Tagung der IUGG in Brüssel als volles Mitglied in die Union aufgenommen. Als entsprechende (west)deutsche Organisation wurde das Deutsche Nationale Komitee für Geodäsie und Geophysik (NKGK) gegründet, dem der Vorsitzende der Deutschen

Geophysikalischen Gesellschaft angehört. Das NKGK benennt jeweils Leiter und Stellvertreter der Sektionen für Geodäsie, Seismologie und Physik des Erdinnern, Geomagnetismus und Aeronomie, Physikalische Wissenschaft vom Ozean, Wissenschaftliche Hydrologie, Vulkanologie und Geochemie sowie Meteorologie.

Die deutschen Geophysiker nutzten die Möglichkeiten zur Teilnahme an den großen internationalen Unternehmungen: z.B. das Internationale Geophysikalische Jahr (IGJ), die Internationalen Jahre der ruhigen Sonne, das Internationale Projekt Oberer Erdmantel, das Geodynamikprojekt, das Internationale Geosphären-Biosphären-Programm (IGBP) oder die International Decade of Natural Disaster Research (IDNDR).

In der DDR wurde 1957 ein "Nationales Komitee der DDR für das IGJ", 1960 ein "Landesausschuß der DDR für die IUGG" und 1963 ein "Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik der DDR" gebildet. Der Council der XIV. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) bestätigte 1967 in der Schweiz die eigene Mitgliedschaft der DDR als gleichberechtigtes Mitglied der IUGG.

Große Beachtung schenkte die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft naturgemäß der 1951 gegründeten European

Association of Exploration Geophysicists (EAEG). Glücklicherweise gelang es, einen zeitweise drohenden Weggang der auf dem Gebiet der angewandten Geophysik tätigen DGG-Mitglieder zu verhindern; die enge Verbindung zwischen reiner und angewandter Geophysik hatte sich schließlich doch für beide Teile als äußerst fruchtbar erwiesen.

Für die kritische Durchsicht des Manuskripts, für wertvolle ergänzende Hinweise und zusätzliche Recherchen sind die Autoren vielen Kollegen zu Dank verpflichtet. Zu nennen sind besonders die Herren Berckhemer, Dürbaum, Dürschner, Edelmann, Hahn, Kertz, Koenig, Meißner, Porstendorfer, Schmucker, Schweitzer, Soffel, Strobach, Voppel und Wilhelm. Die Graphik über die Daten der Gesellschaft verdanken wir Frau Grimmer.

Literatur

HILLER, W. (1953): 30 Jahre Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, 1922-1952. - Zeitschr. f. Geophysik **19**: 5-8.

KOENIG, M. (1974): Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, 1922-1974. - in: Birett, H., Helbig, K., Kertz, W. & Schmucker, U. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik. - Festschrift zur 50jährigen Wiederkehr der Gründung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft; Berlin Heidelberg New York (Springer-Verlag).

Tab. 1: Gründungsmitglieder der Deutschen Seismologischen Gesellschaft

Almstedt, Karl, Braunschweig Angenheister sen., Gustav, Göttingen Berger, Rudolf, Potsdam Errulat, Friedrich, Königsberg i. Pr. Gutenberg, Beno, Darmstadt Hecker, Oskar, Jena Krumbach, Gerhard, Jena Mack, Karl, Hohenheim Polis, Peter, Aachen Schweydar, Wilhelm, Potsdam Tams, Ernst, Hamburg Wiechert, Emil, Göttingen	Andrée, Karl, Königsberg i. Pr. Ansel, Ernst-August, Freiburg i.Br. Burmeister, Friedrich, München Friedländer, Immanuel, Neapel Haubold, W. Fr., Hannover Kossmat, Franz, Leipzig Löhr, Wilhelm, Bochum Mintrop, Ludger, Hannover Schütt, Richard, Hamburg Sieberg, August, Jena Wagner, Julius, Frankfurt a. M. Zeissig, Conrad, Darmstadt-Jugenheim
---	---

Tab. 2: Vorsitzende der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

1922-1925	Wiechert, Emil, Göttingen
1925-1926	Hecker, Oskar, Jena
1926-1927	Schmidt, Adolf, Potsdam
1927-1929	Kohlschütter, Ernst, Potsdam
1929-1930	Linke, Franz, Frankfurt a. M.
1930-1936	Kohlschütter, Ernst, Potsdam
1936-1945	Bartels, Julius, Eberswalde und Potsdam
1947-1949	Kleinschmidt, Ernst, Hamburg
1949-1951	Böhnecke, Günther, Hamburg
1951-1953	Hiller, Wilhelm, Stuttgart
1953-1955	Errulat, Friedrich, Hamburg und Essen
1955-1958	Jung, Karl, Clausthal-Zellerfeld
1958-1961	Dieminger, Walter, Lindau/Harz
1961-1963	Closs, Hans, Hannover
1963-1964	Kertz, Walter, Braunschweig
1964-1966	Schleusener, Alfred, Hannover
1966-1968	Brocks, Karl, Hamburg
1968-1971	Angenheister jun., Gustav, München
1971-1973	Menzel, Heinz, Hamburg
1973-1975	Hahn, Albrecht, Hannover
1975-1977	Siebert, Manfred, Göttingen
1977-1979	Fuchs, Karl, Karlsruhe
1979-1981	Berckhemer, Hans, Frankfurt a. M.
1981-1983	Dürbaum, Hans-Jürgen, Hannover
1983-1985	Schmucker, Ulrich, Göttingen
1985-1987	Soffel, Heinrich, München
1987-1989	Edelmann, Hans A. K., Hannover
1989-1991	Wilhelm, Helmut, Karlsruhe
1991-1993	Fertig, Jürgen, Hannover und Clausthal-Zellerfeld
1993-1995	Hänel, Ralph, Hannover
1995-1997	Neubauer, Fritz M., Köln
1997-1999	Jacobs, Franz, Leipzig (1995 designiert)

Tab. 3: Stellvertretende Vorsitzende der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft von 1922 bis 1967 (Angaben für Zeitraum 1947/49 aufgrund fehlender Akten unvollständig)

1922-1925	Hecker, Oskar, Jena
1924-1927	Hergesell, Hugo, Lindenberg
1925-1926	Linke, Franz, Frankfurt a. M.
1926-1927	Kohlschütter, Ernst, Potsdam
1927-1928	Weickmann, Ludwig, Leipzig
1927-1929	Hecker, Oskar, Jena
1928-1929	Meinardus, Wilhelm, Göttingen
1929-1932	Nippoldt, Alfred, Potsdam und Göttingen
1929-1932	Defant, Albert, Berlin
1932-1934	Schmidt, Wilhelm, Wien
1932-1934	Weickmann, Ludwig, Leipzig
1934-1938	Linke, Franz, Frankfurt a. M.
1934-1945	Defant, Albert, Berlin
1938-1945	Weickmann, Ludwig, Leipzig
1947-1949	Errulat, Friedrich, Hamburg
1949-1951	Kleinschmidt, Ernst, Hamburg
1950-1951	Tams, Ernst, Hamburg
1951-1953	Böhnecke, Günther, Hamburg
1952-1953	Röpke, Karl, Steinau
1953-1955	Hiller, Wilhelm, Stuttgart
1955-1958	Errulat, Friedrich, Essen
1955-1958	Meißer, Otto, Freiberg/Sa.
1958-1961	Jung, Karl, Clausthal-Zellerfeld u. Kiel
1958-1961	Lauterbach, Robert, Leipzig
1961-1963	Dieminger, Walter, Lindau/Harz
1961-1967	Buchheim, Wolfgang, Freiberg/Sa.
1963-1964	Closs, Hans, Hannover
1964-1966	Kertz, Walter, Braunschweig
1966-1967	Schleusener, Alfred, Hannover

Tab. 4: Schatzmeister bzw. Kassenwart der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

1922-1938	Schütt, Richard, Hamburg
1938-1945	Fanselau, Gerhard, Potsdam
1947-1962	Menzel, Heinz, Hamburg und Clausthal-Zellerfeld
1963-1968	Model, Fritz, Hamburg
1968-1979	Hirschleber, Hans Bodo, Hamburg
1979-1985	Tiedemann, Hans-Peter, Kiel
1985-1990	Steveling, Erich, Göttingen
1990-1995	Fluche, Bernhard, Hannover
ab 1995	Best, Adolf, Potsdam

Tab. 5: Geschäftsstellen und Schriftführer der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (nach 1945)		
1947-1948	Geophysikalisches Institut Rothenbaumchaussee 33, Hamburg	Raethjen, Paul
1948-1951	ebenda	Menzel, Heinz
1951-1953	Institut für Geophysik Richard-Wagner-Str. 15, Stuttgart	Berckhemer, Hans
1953-1962	Geophysikalisches Institut Rothenbaumchaussee 80, Hamburg	Brocks, Karl
1963-1964	ebenda	Strobach, Klaus
1964-1971	Institut für die Physik des Erdkörpers Binderstr 22, Hamburg	Gutdeutsch, Rudolf *
1971-1975	ebenda	Koenig, Manfred
1975-1979	Institut für Geophysik Herzberger Landstraße 180, Göttingen	Schmucker, Ulrich
1979-1983	Institut für Geophysik Arnold-Sommerfeld-Str. 1, Clausthal-Zellerfeld	Vees, Roland
1983-1987	Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik Theresienstr. 41/IV, München	Berktohl, Alfred
1987-1991	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Stilleweg 2, Hannover	Greinwald, Siegfried
1991-1994	Institut für Geophysik Corrensstr. 24, Münster/Westfalen	Jödicke, Hartmut
ab 1994	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung - Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben Stilleweg 2, Hannover	Wiederhold, Helga

* 1968 vertreten durch Hans Bodo Hirschleber

Tab. 6: Ehrenmitglieder	
1929	Hugo Hergesell (1859-1938)
1929	Adolf Schmidt (1860-1944)
1934	Oskar Hecker (1864-1938)
1940	Ernst Kohlschütter (1870-1942)
1950	Ludger Mintrop (1880-1956)
1953	Ernst Tams (1882-1963)
1953	Ernst Kleinschmidt (1877-1959)
1956	Friedrich Errulat (1889-1969)
1961	Bernhard Brockamp (1902-1968)
1969	Waldemar Zettel (geb. 1903)
1971	Karl Jung (1902-1972)
1973	Hermann Reich (1891-1976)
1974	Alfred Schleusener (1898-1978)
1975	Heinz Menzel (1910-1988)
1975	Walter Dieminger (geb. 1907)
1976	Wilhelm Hiller (1899-1980)
1981	Hans Closs (1907-1982)
1984	Walter Kertz (geb. 1924)
1987	Jürgen Untiedt (geb. 1930)
1992	Karl Fuchs (geb. 1931)
1992	Rudolf Meißner (geb. 1925)
1993	Hans-Jürgen Dürbaum (geb. 1928)

Tab. 7: Träger der "Emil-Wiechert-Medaille"	
1955	Julius Bartels (1899-1964), Göttingen
1956	Albert Defant (1884-1974), Innsbruck
1956	Beno Gutenberg (1889-1960), Pasadena *
1964	Inge Lehmann (1888-1993), Kopenhagen
1969	Sidney Chapman (1888-1970), Fairbanks, Alaska
1973	Ludwig Biermann (1907-1986), München
1978	Leon Knopoff (geb. 1925), Los Angeles
1982	Ulrich Schmucker (geb. 1930), Göttingen
1986	Don L. Anderson (geb. 1933), Pasadena
1988	Carlo Morelli (geb. 1917), Triest
1993	Norman F. Ness (geb. 1933), Delaware
1996	Stanley Keith Runcorn (1922-1995), Newcastle-upon-Tyne **

* 1957 überreicht in Los Angeles durch deutschen Konsul

** posthum verliehen

Tab. 8: Tagungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft				
Nr.	Termin	Ort	Örtliche Tagungsleitung	Mitveranstalter
01	17.-24.09.1922	Leipzig		Ges. Dt. Naturf. u. Ärzte (87. Vers.)
02	04.-05.10.1923	Jena		
03	21.-27.09.1924	Innsbruck		Ges. Dt. Naturf. u. Ärzte (88. Vers.)
04	07.-09.12.1925	Göttingen		
05	22.-24.09.1926	Düsseldorf		Ges. Dt. Naturf. u. Ärzte (89. Vers.)
06	26.-28.09.1927	Frankfurt a. M.		
07	18.-22.09.1928	Hamburg		Ges. Dt. Naturf. u. Ärzte (90. Vers.)
08	03.-05.10.1929	Dresden		
09	11.-14.09.1930	Potsdam		
10	04.-06.10.1932	Leipzig		
11	13.-15.09.1934	Bad Pyrmont		Dt. Phys. Ges., Dt. Math.-Vereinigung
12	08.-10.10.1936	Berlin	Defant, A	
13	19.-22.10.1938	Jena	Sieberg, A	
14	04.-06.09.1948	Hamburg		Met. Ges. in Bad Kissingen/Hamburg
15	01.-03.09.1949	Clausthal		
16	23.-25.10.1950	Hamburg		Met. Ges. in Bad Kissingen/Hamburg
17	07.-11.10.1951	Stuttgart	Hiller, W.	
18	27.-30.08.1952	Hamburg		Met. Ges. in Bad Kissingen/Hamburg
19	06.-10.10.1953	Hannover	Closs, H.	
20	26.-30.04.1955	München	Reich, H.	
21	25.-29.09.1956	Hamburg		Met. Ges. in Bad Kissingen/Hamburg
22	02.-05.05.1958	Leipzig	Lauterbach, R.	
23	14.-16.10.1959	Bad Soden	Mügge, R.	
24	12.-15.04.1961	Hannover	Closs, H.	
25	03.-06.04.1963	Bochum	Baule, H.	
26	29.09.-01.10.1964	Freiburg	Rawer, K.	
27	04.-07.04.1966	Kiel	Dietrich, G.	
28	17.-20.05.1967	Clausthal	Rosenbach, O.	
29	01.-06.04.1968	Hamburg	Menzel, H.	Verband Dt. Meteorol. Ges.
30	29.09.-04.10.1969	Salzburg	Angenheister, jun., G.	Deutsche u. Österr. Phys. Ges.
31	22.-27.03.1971	Karlsruhe	Müller, St.	
32	21.-24.02.1972	Frankfurt a. M.	Berckhemer, H.	Geologische Vereinigung
33	05.-10.03.1973	Göttingen	Siebert, M. u.a.	AEP
34	25.-30.03.1974	Berlin	Giese, P., Behrens, J.	

Tab. 8: Tagungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (Fortsetzung)

Nr.	Termin	Ort	Örtliche Tagungsleitung	Mitveranstalter
35	02.-05.04.1975	Stuttgart	Strobach, K.	
36	05.-09.04.1976	Bochum	Baule, H.	
37	29.03.-01.04.1977	Braunschweig	Musmann, G.	AEP
38	07.-10.03.1978	Münster	Untiedt, J. u.a.	Geologische Vereinigung
39	08.-12.04.1979	Kiel	Meißner, R.	
40	25.-29.02.1980	Berlin	Giese, P. u.a.	im Rahmen des A.-Wegener-Sympos.
41	30.03.-03.04.1981	Heidelberg	Kirsten, T. u.a.	AEP
42	30.03.-02.04.1982	Hannover	Dürbaum, H.-J. u.a.	
43	22.-25.03.1983	Aachen	Wohlenberg, J.	
44	21.-25.02.1984	Mainz	Jacoby, W. u.a.	Geol. Vereinigung, Mineral. Ges.
45	05.-08.03.1985	München	Soffel, H.	AEP
46	08.-11.04.1986	Karlsruhe	Wilhelm, H., Fuchs, K.	SFB 108/ILP
47	31.03.-04.04.1987	Clausthal-Z.	Schopper, J.R., Vees, R.	
48	21.-25.03.1988	Köln	Neubauer, F.M. u.a.	
49	20.-24.02.1989	Stuttgart	Strobach, K.	AEP
50	23.-28.04.1990	Leoben	Weber, F.	Österr. Geol. Gesellschaft
51	11.-15.03.1991	Bochum	Harjes, H.-P.	
52	31.03.-03.04.1992	Leipzig	Jacobs, F.	
53	22.-27.03.1993	Kiel	Meißner, R.	
54	07.-11.03.1994	Münster	Untiedt, J.	AEF
55	20.-24.03.1995	Hamburg	Makris, J.	
56	18.-23.03.1996	Freiberg	Oelsner, C.	
57	03.-07.03.1997	Potsdam	Haak, V.	
58	1998	Göttingen	Christensen, U.	
59	1999	Braunschweig	Glaßmeier, K.H.	

AEF: Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Forschung

AEP: Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik

ILP: Internationales Lithosphären-Projekt

SFB 108: Sonderforschungsbereich (der Deutschen Forschungsgemeinschaft) "Spannung und Spannungsumwandlung in der Lithosphäre"

Tab. 9: Zeitschriften der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

Bd.	Jahr	Schriftleiter/Managing Editors	Erscheinungsort (Verlag)
Zeitschrift für Geophysik			
1	1924/25	Angenheister sen., G.	Braunschweig (Vieweg)
2	1926	"	"
...	...		
17	1941/42	"	"
18	1943/44	"	"
19	1953	Brockamp, B.	"
20	1954	"	Würzburg (Physica)
...	...		
27	1961	Dieminger, W.	"
...	...		
34	1968	Dieminger, W.; Untiedt, J.	"
...	...		
Journal of Geophysics - Zeitschrift für Geophysik			
40	1974	Dieminger, W.; Untiedt, J.	Berlin Heidelberg New York (Springer)
41	1975	"	"
42	1976/77	"	"
43	1977	"	"
44	1977/78	"	"
45	1978/79	"	"
46	1979	"	"
47, 48	1980	"	"
49, 50	1981	"	"
51	1982	Dieminger, W.; Müller, G.; Untiedt, J.	"
52, 53	1983	"	"
54	1983/84	"	"
55	1984	"	"
56 - 58	1985	"	"
59, 60	1986	"	"
61	1987	Dieminger, W.; Müller, G.; Weidelt, P.	"
62	1988	"	"
Geophysical Journal 92 - 95	1988	Müller, G.	Oxford (Blackwell Scientific Publication)
Geophysical Journal of the RAS, DGG and EGS 96, 97	1989	Müller, G.	Oxford (Blackwell Scientific Publication)
Geophysical Journal International 98, 99 100 - 103	1989 1990	Müller, G. " "	Oxford (Blackwell Scientific Publication)
...	...		

ab Band 47 größeres Format

Tab. 10: Arbeitskreise der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

Name	Gründung	Sprecher	Aufgabe
Erdmagnetische Tiefenfor- schung/ Magnetotellurik/ Geoelektrik, ab 1978 : Elektromagnetische Tiefenforschung	1962 von DFG gefördertes Symposium Kassel- Wilhelmshöhe, ab 1975 als FKPE-AK, 1992 Wechsel zur DGG	Kertz, Walter (1962-1969) Untiedt, Jürgen (1969-1978) Haak, Volker (1978-1994) Bahr, Karsten (ab 1994)	6 Symposia/Kolloquia im Zeitraum 1962-1974 unre- gelmäßig, ab 1978 alle 2 Jahre regelmäßig stattfinden- de Kolloquia *
Computeranwendung in der Geophysik, ab 1996: Digitale Seismolo- gie	1974 als FKPE-AK Numeri- sche Methoden in der Geo- physik, seit 1990 DGG-AK	Müller, Gerhard (1974-1990) Scherbaum, Frank (ab 1990)	Seminare zu theoretisch/ numerischen Themen; Ko- ordination des Einsatzes von PCs und Workstations in geophysikalischer Forschung und Lehre
Geothermik	ursprünglich FKPE-AK, als DGG-AK 1995 in Ham- burg	Hänel, Ralph (1974-1982) Buntebarth, Günther (1982- 1995) Clauser, Christoph (ab 1995)	Geothermische Energie Temperaturfeld und Wärme- transportprozesse in der Erdkruste
Geschichte der Geophysik in der DGG	1982 auf Initiative von Wal- ter Kertz	Kertz, Walter (1982-1985) Petersen, Nikolai (1985- 1989) Buntebarth, Günther (1989- 1995) Unterreitmeier, Erhard ab 1995)	Förderung des Studiums der Geophysikgeschichte, Publikation der Forschungs- ergebnisse ** Sicherung der Quellen der Geophysikgeschichte
Dynamik des Erdinnern	1991, seit 1992 DGG-AK	Spohn, Tilman (1991-1994) Jacoby, Wolfgang (ab 1994)	Bessere Koordination der geodynamischen Arbeiten in Deutschland
Angewandte Geophysik	1992 in Leipzig auf Initiative von Siegfried Greinwald	Greinwald, Siegfried	Anwendung geophysikali- scher Verfahren in der Praxis
Studienfragen	1992 vom DGG-Vorstand	Wilhelm, Helmut	Zukünftige Gestaltung des Geophysikstudiums in Deutschland; Studien- und Prüfungsordnungen in den einzelnen Bundesländern
75 Jahre DGG(ad hoc AK)	1993 in Hannover	Neunhöfer, Horst	Unterstützung des Vorstan- des bei der Vorbereitung des DGG-Jubiläums 1997
Denkschrift (ad hoc AK)	1994 in Hannover	Wilhelm, Helmut (1994- 1996) Jacobs, Franz (ab 1996)	Darstellung der Bedeutung und der Perspektiven geo- physikalischer Forschung, primär für interessierte Öff- entlichkeit bestimmt
Hydrogeologie und Geophy- sik	1996 in Freiberg	Neugebauer, Horst	Förderung der Anwendung geophysikalischer Methoden auf Grundwasserfragen

* Über die Ergebnisse der Kolloquia berichten die auch international beachteten (ab 1978) "blauen Bände" (Reihe "Protokoll Kolloquium Elektromagnetische Tiefenforschung").

** Der Öffentlichkeitsarbeit dienen die geschichtlichen Sitzungen während der Jahrestagungen und die - durch Wilfried Schröder besorgte - Herausgabe eines eigenen Mitteilungsblattes.

Tab. 11: Präsidenten der Alfred-Wegener-Stiftung und das von ihnen vertretene Fachgebiet		
1980-1981	Kertz, Walter	Geophysik, Meteorologie
1981-1982	Closs, Hans (gest. 2.12.1982)	Geophysik
1982-1983	Schreyer, Werner als Vizepräsident	Mineralogie, Petrologie
1983-1986	Giese, Peter	Geophysik
1986-1989	Müller-Beck, Hansjürgen	Urgeschichte
1989-1991	Troll, Georg (gest. 5.9.1991)	Mineralogie, Petrologie
1991-1994	Strauch, Friedrich 1991/92 als Vizepräsident	Paläontologie, Geologie
ab 1994	Meißner, Rudolf	Geophysik, Meteorologie

ZWEITES KAPITEL INSTITUTE UND INSTITUTIONEN

Geschichte der Erdbebenstation Bensberg

Ludwig Ahorner

Planung und Bau der Erdbebenstation

Der Plan, bei Köln eine Erdbebenstation zu errichten, geht auf das Jahr 1951 zurück. Am 14. März jenes Jahres ereignete sich am Südwstrand der Niederrheinischen Bucht bei Euskirchen ein für mitteleuropäische Verhältnisse ungewöhnlich heftiges Erdbeben. Es erreichte die Stärke 5,7 auf der Richter-Skala und richtete im Gebiet zwischen Euskirchen, Mechernich und Münstereifel erhebliche Sachschäden an. Elf Menschen wurden durch herabfallende Trümmer verletzt. Durch dieses Erdbeben wurden die Rheinländer unsanft daran erinnert, daß sie in einem seismisch aktiven Gebiet leben, in dem Erdbeben mit einem nicht zu vernachlässigenden Gefährdungspotential vorkommen können. Angesichts dieser Erfahrung stellte man mit Erstaunen fest, daß es zur damaligen Zeit im Rheinland und in ganz Nordrhein-Westfalen keine einzige in Betrieb befindliche Erdbebenmeßstation gab, welche die seismische Aktivität des Gebietes herdnah überwachen und erforschen konnte.

Es ist das große Verdienst des Kölner Geologen Martin Schwarzbach (Abb. 1), langjähriger Direktor des Geologischen Instituts der Universität, daß er die Gunst der Stunde erkannte und unverzüglich die Initiative zur Einrichtung einer Erdbebenmeßstation im Großraum Köln ergriff.

Der Plan fand bei dem damaligen Rektor der Kölner Universität, Gotthold Bohne, der zwar Jurist, aber den Natur-

wissenschaften gegenüber äußerst aufgeschlossen war, lebhaftes Interesse und tatkräftige Unterstützung. Auch die Spitzen der Universitätsverwaltung und insbesondere der Kanzler Wolfgang Wagner standen dem Vorhaben höchst positiv gegenüber. Gemeinsam wurden die für die Errichtung der Erdbebenstation erforderlichen Mittel eingeworben, nicht nur bei der Stadt Köln, die zu dieser Zeit Träger der Universität war, sondern auch bei der im Kölner Raum ansässigen Industrie.

Bezeichnend für den wissenschaftlichen Weitblick von Martin Schwarzbach ist, daß er schon in dieser frühen Phase der Verwirklichung seines Planes bestrebt war, möglichst viele naturwissenschaftlich interessierte Bürger zur Mitarbeit bei der Erforschung der rheinischen Erdbeben zu bewegen. Er bediente sich dabei des mitgliederstarken "Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens". Auf der 111. Jahresversammlung dieses Vereins, die 1951 in Andernach stattfand, wurde auf seine Anregung hin beschlossen, einen freiwilligen und ehrenamtlichen "Erdbebenbeobachtungsdienst der nördlichen Rheinlande" einzurichten (SCHWARZBACH 1952). Die Mitglieder dieses Beobachtungsdienstes verpflichteten sich, bei verspürten Erdbeben möglichst rasch makroseismische Beobachtungen an die noch zu errichtende Erdbebenstation zu melden.

Die organisatorische Betreuung des Beobachtungsdienstes wurde von der neu ins Leben gerufenen "Abteilung für



Abb. 1: Martin Schwarzbach, der Begründer der Erdbebenstation Bensberg, bei der Wartung eines der Seismographen. Foto von 1976.

Erdbebengeologie" des Geologischen Instituts in Köln übernommen. Dieser Organisationseinheit wurde später auch die Erdbebenstation zugeordnet.

Mit dem Begriff *Erdbebengeologie* begründete Martin Schwarzbach in Köln eine neue Fachrichtung der Erdbebenforschung, welche die geologischen Aspekte der seismischen Aktivität gegenüber den geophysikalischen stärker in den Vordergrund stellt. Diese spezielle Forschungsrichtung ist bis zum heutigen Tag eine Besonderheit des Kölner Geologischen Instituts geblieben. An keiner anderen deutschen Universität wird eine vergleichbare, vornehmlich geologisch ausgerichtete Erdbebenforschung betrieben.

Bereits im Jahre 1952, also nur ein Jahr nach dem Euskirchener Erdbeben, konnte Martin Schwarzbach damit beginnen, seinen Plan zur Errichtung einer Erdbebenstation in die Tat umzusetzen. Zunächst mußte ein geeigneter Standort für die Erdbebenstation ausfindig gemacht werden. Die auf mächtigen Lockersedimenten erbaute Großstadt Köln kam aus geologischen Gründen und auch wegen der starken Bodenunruhe, die hier durch Industrie und Verkehr verursacht wird, nicht als Standort in Frage. Andererseits sollte die geplante Erdbebenstation nicht zu weit von der Kölner Universität entfernt sein, um den Kontakt zu ihren Instituten und Forschungseinrichtungen möglichst eng zu halten.

Nach einiger Suche wurde schließlich in der etwa 20 km östlich von Köln gelegenen Kleinstadt Bensberg ein geeigneter Standort (Abb. 2) gefunden, der einerseits Felsuntergrund hatte, was für eine Erdbebenmeßstation sehr wichtig ist, und andererseits wegen seiner abgelegenen Lage am Rande eines damals noch ausgewiesenen Naturschutzgebietes auch eine geringe Bodenunruhe aufwies, so daß günstige Registrierbedingungen zu erwarten waren.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß die Registrierbedingungen heute, nach mehr als 40jährigem Betrieb der Erdbebenstation, leider nicht mehr so ideal sind wie in der

Anfangszeit. Durch die inzwischen erfolgte dichte Besiedelung und den Bau einer stark befahrenen Durchgangsstraße in unmittelbarer Nähe des Stationsgebäudes ist die seismische Bodenunruhe inzwischen bedenklich angestiegen.

Mit dem Bau des Stationsgebäudes wurde 1952 begonnen. Im Herbst 1953 war das Haus bezugsfertig und man konnte nun darangehen, die seismischen Meßgeräte einzubauen. Bei der Auswahl der Seismographen und bei deren Installation konnte sich Martin Schwarzbach auf die sachkundige Beratung und tatkräftige Unterstützung des renommierten Erdbebenfachmanns Wilhelm Hiller stützen, welcher damals den Landeserdbebendienst in Baden-Württemberg und später das Institut für Geophysik der Universität Stuttgart leitete.

Im Spätsommer 1954 war die Installation der Seismographen weitgehend abgeschlossen. Nach einem mehrmonatigen Versuchsbetrieb nahm die Erdbebenstation dann ab April 1955 ihren kontinuierlichen Meßbetrieb auf (SCHWARZBACH 1956). Die internationale Kodebezeichnung für die Station wurde mit BNS festgelegt. Damit war die angestrebte Zentrale für die Erdbebenforschung im Rheinland geschaffen.

Die wissenschaftlichen Assistenten, welche die neu eingerichtete Erdbebenstation in den ersten Jahren nacheinander betreuten (Dr. R. Schulz, Dr. H. Mühlhäuser, Dr. F. Robel), waren Geophysiker und allesamt Schüler von Wilhelm Hiller in Stuttgart. Ab September 1960 ging die wissenschaftliche Betreuung der Station dann auf einen 'Erdbebengeologen' über, den Schwarzbach-Schüler Ludwig Ahorner (Abb. 3), der diese Aufgabe 35 Jahre lang bis zu seinem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst im Mai 1995 erfüllte und das Erscheinungsbild der Station entscheidend prägte. Sein Nachfolger Klaus-Günter Hinzen ist wiederum Geophysiker. Er studierte in Bochum (bei Heinrich Baule und Hans-Peter Harjes) und war danach lange Zeit bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und zuletzt beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover tätig, bevor er die Aufgabe eines Leiters der Erdbebenstation Bensberg übernahm.

Instrumentelle Ausstattung

Die instrumentelle Erstausrüstung der Station hat Franz ROBEL (1959) beschrieben. Sie bestand aus zwei Seismographentypen mit abgestufter Empfindlichkeit, welche unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen hatten.

Zur Registrierung von sehr starken Nah- und Fernbeben diente ein mechanischer Horizontal-Seismograph vom Typ des invertierten Wiechert-Pendels. Das heute noch als Museumstück vorhandene Gerät weist eine Pendelmasse von 1300 kg auf und vergrößert die Bodenbewegung etwa 300fach. Die Eigenperiode des Pendels ist etwa 3 s. Die Registrierung erfolgte auf berußtem Papier. Dieser Seismograph wurde von dem ersten wissenschaftlichen Assistenten an der Erdbebenstation (Dr. R. Schulz) aus den Überresten eines früher an der Erdbebenstation der TH Darmstadt in Jugenheim betriebenen Seismographen umkonstruiert und neu zusammengebaut. Der Kölner Meteorologe Helmut Berg machte seinerzeit auf diese kostengünstige Möglichkeit aufmerksam.

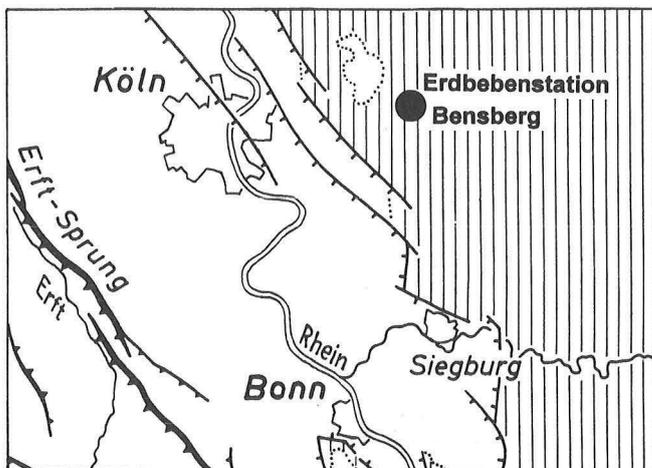


Abb. 2: Lage der Erdbebenstation am Ostrand der Niederrheinischen Bucht. Im schraffierten Gebiet stehen devonische Festgesteine des Rheinischen Schiefergebirges oberflächennah an. Die gezahnten Linien geben den Verlauf von tektonischen Störungszonen an.

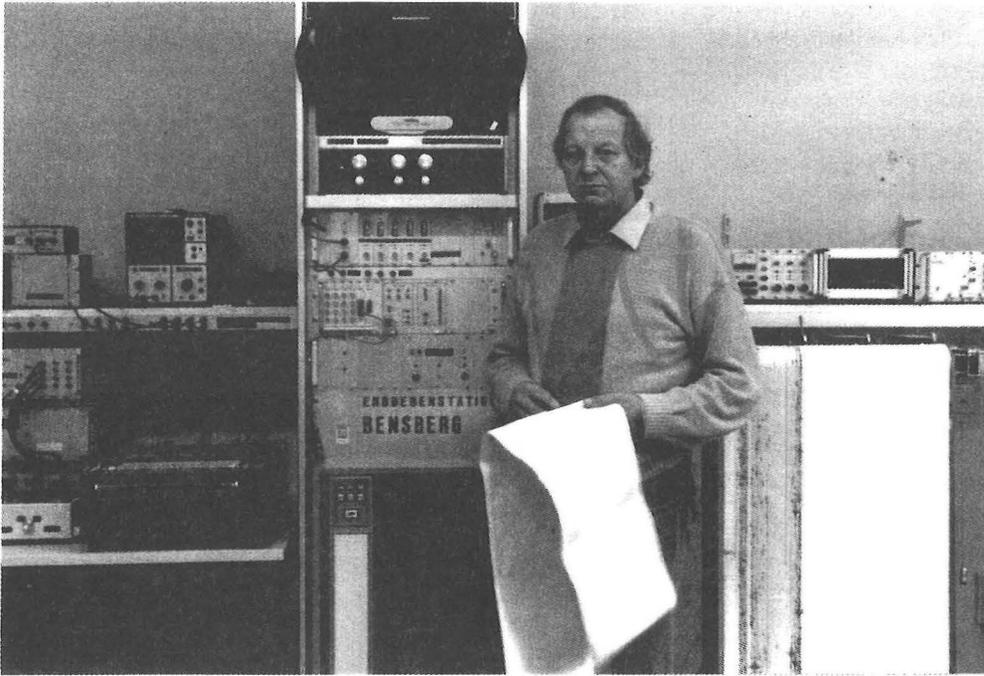


Abb. 3: Der Erdbebengeologe Ludwig Ahorner, Verfasser des vorliegenden Artikels, betreute von 1960 bis 1995 die Erdbebenstation. Foto von 1985.

Als Hauptinstrumente mit höherer Empfindlichkeit wurden drei kurzperiodische Induktionsseismographen der Bauart "Stuttgart" installiert, die nach Plänen von Wilhelm Hiller an der Feintechnikschule in Schwenningen gebaut worden waren. Dieser Gerätetyp stellte damals in Deutschland den neuesten Stand der Seismographentechnik dar. Die Seismometer wurden im Keller des Stationsgebäudes auf einen Betonsockel montiert, der bis zum aus devonischen Grauwacken und Tonschiefern bestehenden Felsuntergrund hinabreicht. Die Sensoren weisen eine Eigenfrequenz von 0,7 Hz auf. Sie erfassen die Bodenbewegung in den drei Raumkomponenten Nord-Süd, Vertikal und Ost-West und wandeln sie in elektrische Signale um, welche in einem verdunkelten Nebenraum mit Hilfe von galvanometrisch-optischen Registriergeräten mit einem Papiervorschub von 60 mm pro Minute aufgezeichnet werden. Das gesamte Seismographensystem vergrößert die Bodenbewegung (Schwingweg) bis zu 6400fach.

Mit den empfindlichen Induktionsseismographen konnten alle lokalen Erdbeben im Rheinland ab der Richter-Stärke 2 registriert werden. Die Geräte waren darüberhinaus aber auch in der Lage, Erdbeben aus allen Teilen der Welt aufzuzeichnen. Schon in den ersten Betriebsjahren der Erdbebenstation wurden bis zu 2000 Fernbeben pro Jahr registriert und ausgewertet. Darunter befand sich auch das weltweit bislang größte registrierte Erdbeben mit der Moment-Magnitude 9,5, welches am 22. Mai 1960 im Küstengebiet von Chile aufgetreten ist. Dieses gewaltige Erdbeben rief in Bensberg, in 11 000 km Entfernung vom Herd, noch eine Bodenbewegung von 3 mm hervor.

Die galvanometrisch-optische Registrierung hatte den Nachteil, daß man nicht sofort erkennen konnte, ob ein Erdbeben registriert worden war. Man mußte erst das Photopapier von der Registriertrommel abnehmen und entwickeln, bevor etwas zu sehen war. Diese Zeitverzögerung

erwies sich vor allem bei makroseismisch wahrgenommenen Erdbeben im Rheinland als Nachteil.

Um diesen Nachteil zu beseitigen, wurde ab 1970 die Registrierung auf Tintenschreiber (Linearschreiber der Bauart Karlsruhe) umgestellt. Außerdem wurden die inzwischen veralteten Induktionsseismographen durch moderne Seismometer des Typs Geotech S 13 (Eigenfrequenz 0,8 Hz) ersetzt. Zugleich wurde ein langperiodisches Vertikalseismometer des Typs Sprengnether (Eigenperiode 15 s) angeschafft, welches hauptsächlich zur Registrierung der langperiodischen Oberflächenwellen von Fernbeben dient.

Mitte der siebziger Jahre erfolgte dann ein weiterer wichtiger Schritt zur Verbesserung der Meßdatenerfassung: Die analoge Meßtechnik wurde durch die digitale Meßtechnik ersetzt. Die seismischen Meßdaten werden seither teils im PCM-Verfahren (mit Geräten des Typs 5600 und 5800 der Firma Lennartz, Tübingen) auf Magnetband aufgezeichnet, teils aber auch mittels spezieller prozessor-gesteuerter Datenerfassungssysteme direkt auf Disketten oder andere Datenträger geschrieben. Die Abspeicherung der Erdbebenmeßwerte auf computer-lesbaren Datenträgern hat den Vorteil, daß man die Seismogramme ohne große Zeitverzögerung auf dem Bildschirm sichtbar machen und im Dialogbetrieb mit dem Rechner auswerten kann. Hierzu wurden an der Erdbebenstation Gerätschaften und Software eigens entwickelt.

Die Routineauswertung von Nah- und Fernbeben stützt sich heute vornehmlich auf die Registrierdaten eines 1991 installierten digitalen Dreikomponenten-Meßsystems der Firma Lennartz, das aus einem aktiven Schwinggeschwindigkeits-Aufnehmer des Typs LE-3D (Eigenperiode 5 s) und einem Datenerfassungssystem des Typs MARS-88/FD (Digitalisierungsrate 62,5 Werte/s, 16 bit Auflösung, Gain-Ranging) besteht.

Nach dem starken Erdbeben in der Niederrheinischen Bucht bei Roermond am 13. April 1992 mit der Nahbeben-Magnitude $M_L = 5,9$ (AHORNER 1992), das alle Seismographen in Bensberg übersteuerte, wurde zur Ergänzung der Geräteausstattung ein triaxiales Beschleunigungs-Meßsystem MR 2002 der Firma Syscom AG installiert (Meßbereich 0,5 g, Digitalisierungsrate 200 Werte/s).

Mit dieser modernen Geräteausstattung ist die Erdbebenstation Bensberg nun in der Lage, sowohl schwache Mikroerdbeben als auch sehr starke Erdbeben mit Herden in der Niederrheinischen Bucht bis zur Nahbeben-Magnitude $M_L = 6,5$ unübersteuert aufzuzeichnen.

Aufgaben der Erdbebenstation

Überwachung der weltweiten Seismizität

Die Erdbebenstation Bensberg registriert täglich Erdbeben aus allen Teilen der Erde. Mit Hilfe der aufgezeichneten Seismogramme werden die Ankunftszeiten und Signalamplituden der verschiedenen Wellenphasen eines Erdbebens ermittelt und diese Daten dann regelmäßig per Fernschreiber an internationale Auswertezentren gemeldet, z.B. an das National Earthquake Information Center (NEIC) in den USA, wo die Auswertedaten von allen Erdbebenmeßstationen der Erde zusammenlaufen und zur routinemäßigen Bestimmung der Erdbebenherde und Erdbebenstärken benutzt werden. Die Erdbebenstation der Kölner Universität ist auf diese Weise seit ihrer Gründung voll in das weltweite Erdbebenbeobachtungsnetz integriert.

Welchen Umfang das seismische Datenaufkommen hat, wird aus folgenden Zahlen deutlich: In den vergangenen 40 Jahren wurden in Bensberg mehr als 80.000 Erdbeben aus allen Teilen der Erde registriert und deren Auswertedaten an die globalen Auswertezentren gemeldet. Im Normalfall kann man davon ausgehen, daß jedes Erdbeben, welches irgendwo auf der Erde Gebäudeschäden anrichtet, in Bensberg auch registriert wird.

Überwachung der Erdbebenaktivität im Rheinland

Die Hauptaufgabe der Erdbebenstation in Bensberg besteht aber nicht in der Registrierung von weiter entfernten Erdbeben, sondern in der Überwachung und wissenschaftlichen Erforschung der Erdbebenaktivität der Rheinlande und insbesondere der Niederrheinischen Bucht.

Das junge tektonische Senkungsfeld der Niederrheinischen Bucht zählt neben der Schwäbischen Alb und dem Oberrheingraben zu den wichtigsten deutschen Erdbebengebieten. Im Abstand von einigen Wochen oder Monaten kommt es hier immer wieder zu leichteren tektonischen Erdbeben, die Zeugnis ablegen von noch andauernden Bruchschollenbewegungen an fortlebenden geologischen Störungszonen. In Abständen von einigen Jahrzehnten treten auch schadenverursachende Erdbeben bis zur Intensität VIII der zwölfstufigen makroseismischen Stärke-skala und bis zur Stärke 6 der Richter-Skala auf.

Die Herde der im Rheinland vorkommenden Erdbeben werden an der Erdbebenstation in Bensberg geortet, und bei stärkeren Ereignissen werden auch der Herdmechanismus und die seismotektonischen Herdparameter ermittelt.

Bei fühlbaren Erdbeben werden zudem makroseismische Erhebungen und Auswertungen durchgeführt.

Aus den seismologischen Untersuchungsergebnissen können Aussagen über rezente seismotektonische Bewegungsvorgänge in der Erdkruste des Rheinlandes sowie über den Grad der regionalen und lokalen Erdbebengefährdung abgeleitet werden.

Betrieb eines lokalen Meßstellennetzes

Um die Erdbebenaktivität im Rheinland optimal überwachen zu können, wurden ab der Mitte der siebziger Jahre von der Erdbebenstation Bensberg im Gebiet zwischen Köln, Aachen und Koblenz Außenstationen eingerichtet, die von ehrenamtlichen Mitarbeitern betreut werden. Derzeit sind zehn mit hochempfindlichen Mikroerdbeben-Seismographen ausgestattete Außenstationen in Betrieb (Abb. 4). Die Geräte wurden zumeist aus Drittmitteln finanziert, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie vom Bergbau und der Industrie im Rahmen von Forschungsvorhaben zur Verfügung gestellt wurden.

Mit dem Einsatz von empfindlicheren Seismographen und der Inbetriebnahme der Außenstationen nahm die Zahl der im Rheinland georteten Erdbeben beträchtlich zu. Seit dem Beginn der achtziger Jahre werden durch das Bensberger Stationsnetz im Durchschnitt etwa 100 bis 200 lokale Erdbeben pro Jahr erfaßt.

Insgesamt wurden in den vergangenen 40 Jahren von der Erdbebenstation Bensberg und von ihren Außenstationen mehr als 2000 tektonische Erdbeben registriert, die ihren

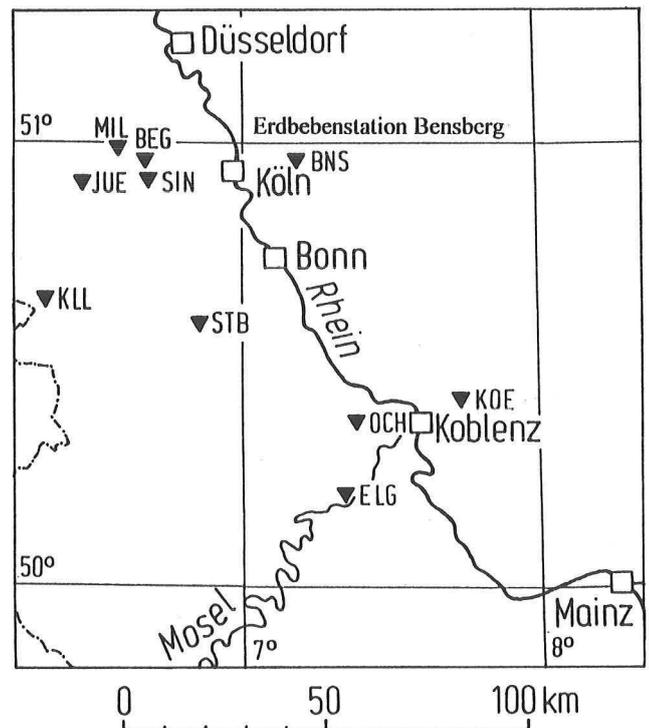


Abb. 4: Das lokale seismische Meßstellennetz der Abteilung für Erdbebengeologie des Geologischen Instituts der Universität zu Köln. Die Meßstationen sind durch Dreiecke (mit Stationskennung) markiert. Stand 1995.

Herd im Rheinland hatten. Dies sind im Zeitraum von nur vier Jahrzehnten mehr als acht mal so viele Erdbeben als in den vier Jahrhunderten davor, wo in dem gleichen Gebiet insgesamt nur 245 Beben bekannt geworden sind.

Die Datenbasis für die Erforschung der Erdbeben-tätigkeit im Rheinland konnte damit seit Gründung der Erdbebenstation Bensberg wesentlich erweitert werden. Dies verdeutlicht die in Abb. 5 gezeigte Erdbebenkarte. Aus der Verteilung der Erdbebenepizentren wird der unruhige Zustand der Erdkruste im Rheinland erkennbar. Die meisten der in den letzten Jahrzehnten lokalisierten Erdbeben sind Mikroerdbeben, die eine Richter-Stärke kleiner $M_L = 2,5$ aufweisen und nicht zu verspüren sind. Es kamen aber auch stärkere Erdbeben vor, welche von der Bevölkerung deutlich wahrgenommen wurden und die zum Teil auch Gebäudeschäden angerichtet haben wie z.B. die Erdbeben von Bad Marienberg 1982, Lüttich 1983 und Roermond 1992.

Da die Mikroerdbeben von den gleichen Herdlinien ausgehen und die gleichen Entstehungsursachen haben wie die stärkeren Erdbeben, sind sie für die Erforschung der Erdbeben-tätigkeit nicht minder wichtig als die stärkeren Erdbeben. Aus der Untersuchung der vergleichsweise häufig auftretenden Mikroerdbeben lassen sich wertvolle Erkenntnisse über die Entstehungsursachen und die Herdlage von stärkeren Erdbeben gewinnen.

Erdbebenforschung

Die Erdbebenforscher in Bensberg haben sich nicht darauf beschränkt, Erdbeben zu registrieren und auszuwerten, sondern sie haben eine Vielzahl von wissenschaftlichen Forschungsvorhaben durchgeführt, die zumeist der seismologischen Grundlagenforschung dienen. Im Vordergrund stand dabei die Erforschung der Erdbeben-tätigkeit und der seismotektonischen Bewegungsvorgänge im Bereich des Rheingraben-Systems (Oberrheingraben, Mittelrheinzone und Niederrheinische Bucht) sowie des gesamten mitteleuropäischen Raumes (AHORNER et al. 1970; AHORNER 1968, 1975, 1983).

Weitere Forschungsschwerpunkte waren beispielsweise:

- Analyse der historischen Seismizität der Rheinlande und der angrenzenden Gebiete zur Ermittlung des lokalen und regionalen Potentials der Erdbebengefährdung,
- Untersuchung von Mikroerdbeben im Rheinischen Schiefergebirge im Rahmen eines interdisziplinären DFG-Schwerpunktprogrammes zur Klärung der jungen Heraushebung des Rheinischen Schildes,
- Untersuchung von Mikroerdbeben im Vulkangebiet des Laacher Sees mit dem Ziel, einen im Untergrund vermuteten Restmagmenkörper aufzuspüren,
- Untersuchung von Erdbeben-Herdmechanismen und des daraus abzuleitenden seismotektonischen Spannungsfeldes

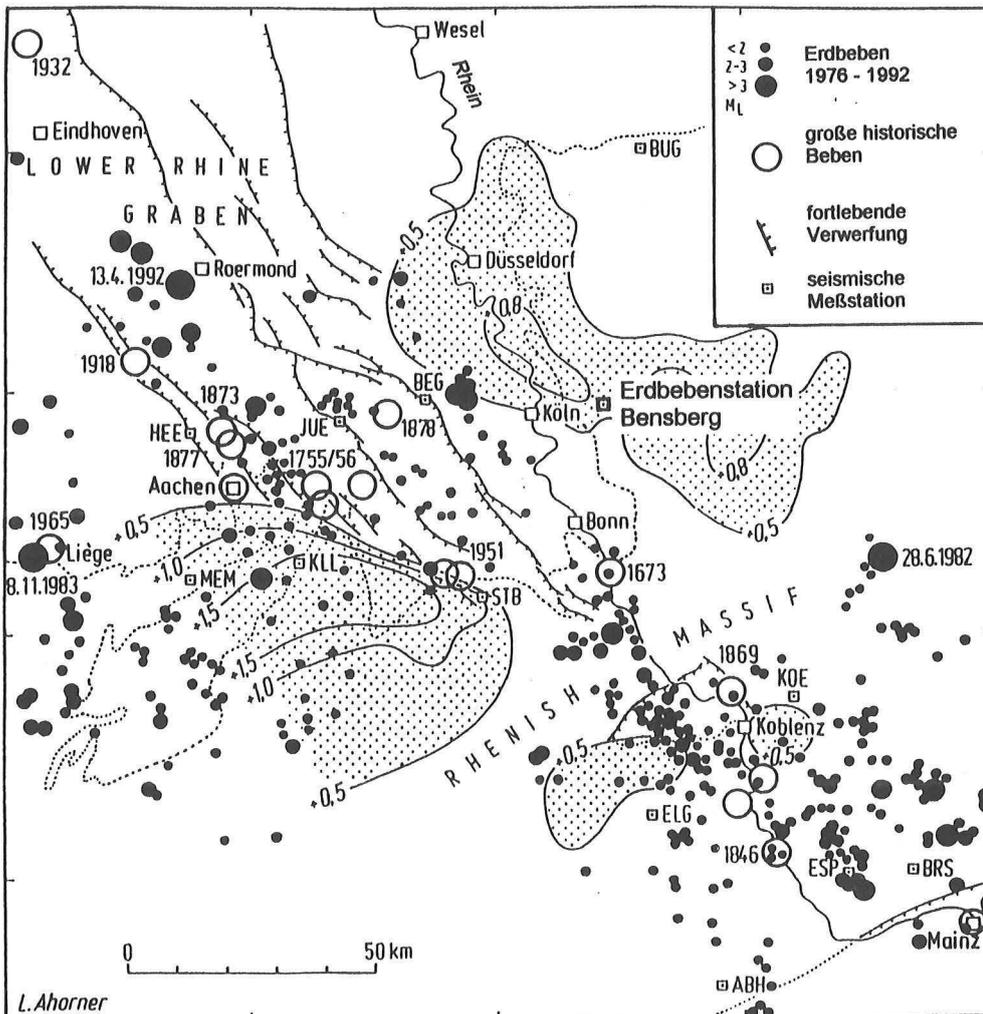


Abb. 5: Erdbebenkarte für das Mittel- und Niederrheingebiet. Die Epizentren von tektonischen Erdbeben im Zeitraum 1976-1992 sind als schwarze Punkte eingetragen. Durch offene Kreise (mit Jahreszahlen) sind die Epizentren von schadenverursachenden Erdbeben eingezeichnet, die sich in früherer Zeit ereignet haben. Punktiert dargestellt sind rezente Hebungsgebiete (mit Linien gleicher Hebungsrates in mm pro Jahr). Nach AHORNER (1983), ergänzt.

in Mitteleuropa,

- in-situ-Bestimmung der seismischen Wellengeschwindigkeiten und der bodendynamischen Kennwerte in oberflächennahen Lockergesteinen der Niederrheinischen Bucht mit dem Ziel, das Schwingungsverhalten dieser Bodenschichten im Erdbebenfall zu beschreiben.

Diese Forschungsvorhaben wurden zumeist durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, das Wissenschaftsministerium des Landes Nordrhein-Westfalens, das Bundesministerium für Forschung und Technologie und andere Institutionen gefördert.

Daneben wurden Studien und Untersuchungen durchgeführt, die die praktische Anwendung von Ergebnissen der Erdbebenforschung zum Ziele hatten. Sie wurden durch Fördermittel der Industrie, des Bergbaus und der Versicherungswirtschaft unterstützt.

Ein wichtiges Arbeitsfeld der Angewandten Erdbebenkunde ist die Erstellung von Erdbebengefährdungskarten, welche als Grundlage für die Landes- und Städteplanung sowie für die erdbebensichere Auslegung von Bauwerken und technischen Anlagen dienen.

Die Erdbebenstation Bensberg hat maßgeblich an der Ausarbeitung der "Karte der Erdbebengefährdungszonen" in der Bundesrepublik Deutschland mitgewirkt, die der 1981 erschienenen DIN-Norm 4149 "Bauten in deutschen Erdbebengebieten" beigefügt ist.

Seit der Mitte der siebziger Jahre wurde in Zusammenarbeit mit der inzwischen aufgelösten Firma INTERATOM in Bensberg ein neues Verfahren zur probabilistischen Seismizitätsanalyse entwickelt, mit dem es möglich ist, die standortbezogene Eintrittswahrscheinlichkeit von Erdbebenintensitäten aufgrund eines großräumigen Seismizitätsmodells zu berechnen (AHORNER & ROSENHAUER 1978, 1993). Mit Hilfe dieses Verfahrens wurde eine "Probabilistische Erdbebengefährdungskarte für die Bundesrepublik Deutschland" erstellt.

Probabilistische Seismizitätsanalysen spielen bei der Beurteilung des Erdbebengefährdungspotentials von wichtigen Bauwerken, wie z.B. Autobahnbrücken, Talsperren, Industrieanlagen und natürlich bei kerntechnischen Anlagen jeglicher Art bis hin zum Atomaren Endlager eine bedeutende Rolle. Die Erdbebenstation in Bensberg hat auf diesem für die Volkswirtschaft, aber auch für die Sicherheit der Bevölkerung wichtigen Arbeitsgebiet in den vergangenen 40 Jahren zahlreiche Untersuchungen und Begutachtungen vorgenommen und so die Praxisbezogenheit ihrer Forschungsarbeit unter Beweis gestellt.

Öffentlichkeitsarbeit

Nicht unerwähnt bleiben soll, daß die Erdbebenstation Bensberg neben ihren wissenschaftlichen Aufgaben auch wichtige öffentliche Aufgaben zu erfüllen hat. Sie ist ein 'Dienstleistungsbetrieb', der staatliche und kommunale

Behörden (wie etwa den Katastrophenschutz), aber auch Zeitungen, Fernseh- und Rundfunkanstalten sowie die Industrie und den Bergbau so schnell und umfassend wie möglich über aktuelle Erdbeben zu informieren hat.

Durch diese Öffentlichkeitsarbeit, die einen nicht geringen Teil der Arbeitszeit der in Bensberg tätigen Erdbebenforscher ausmacht, ist die Erdbebenstation zugleich ein wichtiger Werbeträger für die Universität zu Köln und nicht zuletzt auch für die Geowissenschaften.

Literatur

AHORNER, L. (1968): Erdbeben und jüngste Tektonik im Braunkohlenrevier der Niederrheinischen Bucht. - Zeitschr. Dt. Geol. Ges. **118**: 150-160.

AHORNER, L. (1975): Present-day stress field and seismotectonic block movements along major fault zones in Central Europe. - Tectonophysics **29**: 233-249.

AHORNER, L. (1983): Historical seismicity and present-day microearthquake activity of the Rhenish massif, Central Europe. - in: K. Fuchs et al. (eds.), Plateau Uplift: 198-221; Berlin, Heidelberg (Springer-Verlag).

AHORNER, L. (1992): Das Erdbeben bei Roermond am 13. April 1992 und die daraus zu ziehenden Lehren für das Erdbebengefährdungspotential im Rheinland. - Mitteil. Dt. Geophys. Ges. **1/2**: 51-57.

AHORNER, L. (1994): Fault plane solutions and source parameters of the 1992 Roermond, the Netherlands, mainshock and its stronger aftershocks from regional seismic data. - Geologie en Mijnbouw **73**: 199-214.

AHORNER, L., MURAWSKI, H. & SCHNEIDER, G. (1970): Die Verbreitung von schadenverursachenden Erdbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Versuch einer Regionalisierung. - Zeitschr. für Geophys. **36**: 313-343.

AHORNER, L. & ROSENHAUER, W. (1978): Seismic risk evaluation for the Upper Rhine graben and its vicinity. - J. of Geophys. **44**: 481-497.

AHORNER, L. & ROSENHAUER, W. (1993): Seismische Risikoanalyse. - in: E. Plate u.a. (Hrsg.): Naturkatastrophen und Katastrophenvorbeugung, Bericht zu IDNDR; Kap. 3.3: 177-190; Deutsche Forschungsgemeinschaft; Weinheim (VCH-Verlagsgesellschaft).

MEADOW, H. & AHORNER, L. (1994): Macro seismic effects in Germany of the 1992 Roermond earthquake and their interpretation. - Geologie en Mijnbouw **73**: 271-279.

ROBEL, F. (1959): Die Erdbebenstation Bensberg bei Köln. - Zeitschr. für Geophysik **25**: 16-32.

SCHWARZBACH, M. (1952): Erdbebenchronik für das Rheinland 1950-51 und Mitteilung über die Errichtung eines Erdbebenbeobachtungsdienstes der nördlichen Rheinlande. - Decheniana **105/106**: 49-50.

SCHWARZBACH, M. (1956): Erdbebenchronik für die Rheinlande 1954/55. - Decheniana **109**: 127.

Zur Geschichte der Geophysik an der Universität Frankfurt a. M.

Hans Berckhemer

Vorgeschichte des Universitätsinstituts

Das Institut für Meteorologie und Geophysik in Frankfurt hat seinen Ursprung schon vor der Gründung der Universität. Eine der traditionsreichen Einrichtungen zur Pflege der Wissenschaften in der Freien Reichsstadt Frankfurt war und ist der Physikalische Verein zu Frankfurt. Regelmäßige Messungen meteorologischer Elemente sind schon seit 1826 dokumentiert. Mit der Zeit konnte das 1836 gegründete "Meteorologische Komitee" die wachsenden Aufgaben mit freiwilligen Arbeitskräften nicht mehr bewältigen. So wurde zunächst eine meteorologische Abteilung und dann 1906 ein eigenes "Institut für Meteorologie und Geophysik" geschaffen mit dem Sitz im Obergeschoß des damals neu errichteten Gebäudes des Physikalischen Vereins in der Robert-Mayer-Straße 2-4 (jetzt Physikalisches Institut der Universität). Zum Leiter wurde Dr. Kurt Wegener, der ältere Bruder von Alfred Wegener, berufen. Die Hauptaufgabe der dort eingerichteten "Öffentlichen Wetterdienststelle" bestand in der Wettervorhersage, später insbesondere auch in der Wetterberatung für die Luftschiffahrt. 1908 wechselte Wegener als Leiter an das Observatorium Apia nach Samoa über. Im Austausch mit ihm wurde der damals dreißigjährige Dr. Franz Linke mit der Leitung des Instituts betraut und gleichzeitig als Dozent für Meteorologie und Geophysik an die "Akademie für Handels- und Sozialwissenschaften zu Frankfurt" berufen. Linke betrieb mit großer Energie die Entwicklung des Instituts. Als Wiechert-Schüler hatte Linke, der das Observatorium auf Samoa aufgebaut hatte, neben seinen ausgeprägten Interessen auf zahlreichen Forschungsgebieten der Meteorologie auch eine enge Bindung zur Geophysik, speziell zur Seismologie. In kurzer Zeit gelang es ihm, Mittel zur Errichtung eines aerologischen und seismologischen Observatoriums auf der Kuppe des Kleinen Feldbergs im Taunus einzuwerben. Entscheidend für die Realisierung war die großzügige Stiftung der Baronin von Reinach geb. Bolongaro. Bedingung dieser Stiftung war jedoch die Einrichtung einer Erdbebenwarte, die 1911 erbaut wurde und den Namen des Stifters trägt. Die Erdbebenstation war mit einem Satz Galitzin-Seismographen, einem Bosch-Omori-Horizontalpendel und einem Wiechert-Vertikal-Seismographen ausgestattet. Zur Einweihung des Observatoriums am 24. Aug. 1913 waren viele prominente Meteorologen und Geophysiker aus dem In- und Ausland erschienen. Das Gästebuch des Observatoriums beginnt mit der Unterschrift Seiner Majestät Kaiser Wilhelms II.

Anfangszeit des Universitätsinstituts für Meteorologie und Geophysik

Im Jahre 1914 wurde durch Zusammenschluß mehrerer wissenschaftlicher Institutionen und Akademien die von den Frankfurter Bürgern getragene Universität gegründet. Linke übernahm als Professor die Leitung des "Universitätsinstituts für Meteorologie und Geophysik". Es ist nach Göttingen (1898) und Leipzig (1913) das drittälteste geophysikalische Universitätsinstitut in Deutschland.

Der Ausbruch des Krieges setzte der zunächst hoffnungsvollen Entwicklung der jungen Universität jähe Grenzen. Erst nach dem Ende des Krieges begann im Institut mühsam wieder wissenschaftliches Leben, das jedoch durch Erweiterung des Wetterdienstes auf den Oberhessischen Raum, die aerologischen Beobachtungen und Strahlungsmessungen im Taunus-Observatorium, die meteorologische Betreuung der neu erwachten Segelfliegerei auf der Wasserkuppe in der Rhön sowie medizin-meteorologische und luftelektrische Forschungen bald schon zu einem fast explosiven Personal- und Raumbedarf führte, so daß sich der Physikalische Verein entschloß, 1926 das Patrizierhaus Feldbergstraße 47 zu erwerben und dem Institut für 50 Jahre kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Bis dahin beschränkte sich die Geophysik im engeren Sinne vorwiegend auf den Betrieb der Erdbebenstation. Mit dem Angebot zur Habilitation an der Frankfurter Universität gelang es Linke, in Dr. Beno Gutenberg einen herausragenden Fachvertreter für Geophysik zu gewinnen. Gutenberg hatte 1913, nach seiner Promotion bei Wiechert in Göttingen, eine Anstellung als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter am Zentralbüro der Internationalen Seismologischen Assoziation im damals deutschen Straßburg gefunden, wo er mit Unterbrechungen durch Kriegsdienst und Verwundung bis zum Kriegsende tätig war. Nachdem er in Deutschland keine Anstellung als Wissenschaftler finden konnte, trat er zur Sicherung des Lebensunterhalts für sich und seine Familie in die väterliche Seifen- und Lichterfabrik in Darmstadt ein, entfaltete daneben jedoch als Privatgelehrter eine reiche wissenschaftliche Produktivität. 1924 wurde er mit einer Arbeit über die seismische Bodenunruhe in Frankfurt habilitiert. Bereits 1926 erfolgte auf Betreiben von Linke seine Ernennung vom Privatdozenten zum nichtbeamteten Außerordentlichen Professor. Mit Gutenberg begann eine Blütezeit für die Geophysik in Frankfurt, die allerdings nur von kurzer Dauer sein sollte. Im Rahmen eines Dozentenstipendiums übernahm er die Betreuung der Erdbebenstation. Seine offenbar sehr beliebten Vorlesungen umfaßten viele Gebiete der Geophysik. Es entstanden in dieser Zeit bedeutende Arbeiten über die Struktur des Erdinnern, u.a. des Erdkernes und die Entdeckung einer Niedergeschwindigkeitszone im oberen Mantel (später *Gutenberg-Zone* genannt), rheologische Vorstellungen über das Erdinnere, das Lehrbuch der Geophysik und die Herausgabe mehrerer Bände des Handbuchs der Geophysik, in dem er wesentliche Teile selbst schrieb. Nach vergeblichen Bemühungen, in Deutschland eine reguläre Anstellung zu finden - er war jüdischer Konfession -, folgte er 1930 einem Ruf als Professor für Geophysik am California Institute of Technology und als leitender Seismologe des Seismological Laboratory der Carnegie Institution nach Pasadena.

Einer seiner Doktoranden, Helmut Landsberg, übernahm als Assistent des Instituts die Betreuung der Erdbebenwarte im Taunus-Observatorium. Es gelang ihm, 1934 unter dramatischen Umständen und mit Hilfe von Institutsangehörigen dem Zugriff der Nazis zu entkommen und nach den USA zu emigrieren. Bereits in Frankfurt hatte er sich

neben der Seismologie mit Fragen der Bioklimatologie beschäftigt. Landsberg wurde später Direktor der Klimaabteilung des US Weather Bureau.

Mit dem Weggang von Gutenberg und Landsberg erloschen für längere Zeit alle Aktivitäten auf dem Gebiet der Geophysik. Im Zweiten Weltkrieg wurde das Taunus Observatorium für militärische Zwecke genutzt. Durch den unerwarteten Herztod von Linke bei einem Fliegerangriff auf Frankfurt im März 1944 erlitt das Institut seinen schwersten Schlag.

Nach dem Kriegsende fanden sich allmählich wieder ehemalige Mitglieder des Instituts in dem unversehrt gebliebenen Gebäude in der Feldbergstraße ein. 1946 wurde Prof. Ratje Mügge, dessen Lehrstuhl für Flugmeteorologie in Darmstadt durch die Alliierten aufgelöst worden war, zunächst zum kommissarischen Direktor und 1948 zum Ordinarius und Direktor des Instituts ernannt. In dem notdürftig hergerichteten Taunus-Observatorium wurde der Betrieb der Erdbebenstation wieder aufgenommen.

Ab 1954 vertrat nach seiner Rückkehr aus russischer Kriegsgefangenschaft Dr. Bernhard Brockamp im Rahmen eines Lehrauftrags die Geophysik in Frankfurt bis zu seiner Berufung 1959 als Direktor des Instituts für Reine und Angewandte Geophysik an der Universität Münster. Mügge war sehr an der Einwirkung atmosphärischer Druckschwankungen und der Erdzeiten auf den Grundwasserspiegel interessiert. Hieraus ging unter anderem die Dissertation von Rudolf Meißner hervor, der dann zunächst bei der PRAKLA in der Prospektionsseismik tätig war, bis er 1961 von Mügge aus Libyen als Assistent an das Institut zurückgeholt wurde. In der Nachfolge von Brockamp wurde 1958 an Dr. Hans Berckhemer ein Lehrauftrag für das Fach Geophysik erteilt. Er war hauptberuflich beim Landeserdbebedienst von Baden-Württemberg in Stuttgart als Seismologe angestellt. Auf Anraten von Mügge hat er sich - mit Verzögerung durch einen Unfall im Dienste der Wissenschaft - 1961 in Frankfurt für das Fach Geophysik mit einer Arbeit über den Bruchvorgang im Erdbebenherd und seinen Einfluß auf das seismische Wellenspektrum habilitiert.

Selbständige Abteilungen für Geophysik und Meteorologie

Vor seiner Emeritierung 1963 hat Mügge, dem auch als Meteorologe die Förderung der Geophysik ein wichtiges Anliegen war, den gewagten Entschluß gefaßt, der Fakultät zu empfehlen, als seinen Nachfolger einen Geophysiker zu berufen und gleichzeitig die Neuschaffung einer Professur für Meteorologie zu betreiben. So wurde Berckhemer 1963 auf den "Lehrstuhl für Physik des Erdkörpers" nach Frankfurt berufen. Mügges Rechnung sollte bereits 1964 aufgehen mit der Einrichtung einer neuen Professur für "Physik der Atmosphäre" und deren Besetzung durch Prof. Hans-Walter Georgii. Trotz gemeinsamer zentraler Einrichtungen wie Verwaltung, Bibliothek, Werkstätten und gemeinsamem Etat war nun allerdings eine Trennung des Instituts in zwei etwa gleichgewichtige Abteilungen vollzogen.

Damit beginnt ein neues Kapitel in der Geschichte des Instituts. Der Bericht beschränkt sich im weiteren auf die "Geophysik im engeren Sinne". Bei der Vielfalt der Aktivitäten erfordert eine einigermaßen übersichtliche Darstellung, von der streng chronologischen Abfolge abzuweichen und thematisch zu bündeln. Die wissenschaftlichen Arbeiten werden im wesentlichen anhand der daraus hervorgegangenen Dissertationen nachgezeichnet. Vollständige Zitate finden sich in den Institutsbeiträgen zu den Jahresberichten des Physikalischen Vereins zu Frankfurt.

Chronik der Abteilung für Geophysik

Zunächst standen im Mittelpunkt der Forschung: Seismologie, Seismometrie und seismische Tiefensondierung der Erdkruste. Jedoch wurden auch die von Mügge begonnenen hydrophysikalischen Fragestellungen weiter verfolgt, was u.a. zu einem patentfähigen Verfahren zur dynamischen Bestimmung von Brunnenparametern geführt hat (Dissertation I. Krauß, 1974).

Die bereits in den 50er Jahren vom Taunus-Observator Dr. Günter Mattern betriebene Erforschung der Exosphäre durch Beobachtung und Analyse blitzerzeugter elektromagnetischer Sfericssignale (Whistler, Dawn Chorus, Hicks) wurde insbesondere durch die Mitarbeit im Schwerpunktprogramm "Radiometeorologie" der Deutschen Forschungsgemeinschaft stimuliert. Wegen der Störungen durch die Sendeanlagen auf dem Großen Feldberg wurden die Beobachtungen auf eine Außenstation auf der Hamburger Hallig bei Husum verlagert.

1966 habilitierte sich Meißner mit einer Arbeit über die Interpretation von Weitwinkel-Reflexionsseismik-Messungen im Bayerischen Molassebecken. Er wurde im folgenden Jahr zum Diätendozent und außerplanmäßigen Professor ernannt. Er hat in Lehre und Forschung die angewandte Geophysik, insbesondere die seismischen Prospektionsmethoden, vertreten.

Die v. Reinachsche Erdbebenwarte konnte modernen Anforderungen in vieler Hinsicht nicht mehr gerecht werden. Es wurde deshalb ein seismischer Meßbunker geplant und 1967 auch ausgeführt, der in 5 m Tiefe im Taunus-Quarzitfels als monolithischer Betonkörper eingegossen ist. Die Instrumentierung bestand aus einem Satz langperiodischer Press-Ewing-Seismometer und kurzperiodischer Willmorc-Seismometer. Die Funkübertragung der Daten zum Institut in Frankfurt und die automatische Ereignisregistrierung auf Magnetband wurde vom Leiter des Elektroniklabors, Dipl. Ing. Arnulf Paulat, entwickelt und 1968 in Betrieb genommen. Zusätzlich gab es im Observatorium Tintenregistrierung der Erdbeben mit einem Satz Seismographen "Typ Stuttgart" (nach Berckhemer). Der Seismometerbunker hat sich auch aufs beste bewährt, als 1991 das Taunus-Observatorium mit hochempfindlichen Digitalseismometern modernster Bauart ausgerüstet in das "German Regional Seismographic Network" (GRSN) integriert wurde.

Anlässlich des 150jährigen Jubiläums des Physikalischen Vereins wurde 1974 die v. Reinachsche Erdbebenwarte zu einem seismographischen Museum umgewandelt, in dem neben einer ganzen Entwicklungsreihe von Seismographen

auch die regionale und globale Seismizität und die Wellenausbreitung im Erdinnern für eine interessierte Öffentlichkeit demonstriert wird.

Auf dem Gebiet der globalen Seismologie wurden die Arbeiten über den Bruchprozess im Erdbebenherd gemeinsam mit K. Jacob weitergeführt. Als Grundlage hierfür wurde ein umfangreiches Mikروفilmarchiv der Seismogramme von mehr als 100 Stationen des World Wide Standardized Seismographic Network (WWSSN) angelegt. Nach seiner Promotion mit der Dissertation über "Investigation of the dynamic process in the earthquake foci by analyzing the pulse shape of body waves" ist Jacob 1968 zu einem Studienaufenthalt am Lamont Geological Observatory nach New York abgereist, von wo er bis heute nicht zurückgekehrt ist. Zum Thema Herdprozesse sind auch die numerischen elastodynamischen Modelle im Zusammenhang mit der Dissertation von H. Stöckl (1976) und die Laborexperimente über Scherungsinstabilitäten und impulsgetriggerte Bruchvorgänge (Dissertation F. Auer, 1972) zu erwähnen.

Zum Themenkreis der Seismometrie wurden Grundlagen für das Prinzip der Breitbandseismographie geschaffen (Berckhemer, Henger), die wesentlich zur Realisierung des Breitband-Seismographenarrays im Fränkischen Jura beitrugen. Mit Methoden der Netzwerktheorie entstand im Rahmen der Diplomarbeit und Dissertation von H. Neugebauer eine verallgemeinerte Darstellung der gekoppelten Seismographensysteme und der Probleme der numerischen Inversion (Entzerrung) von Seismogrammen. Für die sprengseismische Erforschung der Erdkruste wurde in der Werkstatt des Instituts unter Meister Weine der Prototyp des Feldseismometers FS60 gebaut, das zusammen mit der von verschiedenen Instituten gemeinsam entwickelten und von der Firma Lennartz in Tübingen produzierten sehr erfolgreichen MARS66-Magnetbandapparatur für mehrere Jahre als Standardseismometer diente.

Bei der Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik in Berkeley 1963 wurde das erste große internationale und interdisziplinäre geowissenschaftliche Forschungsprojekt, das "Upper Mantle Project", aus der Taufe gehoben. An seiner nationalen Entsprechung, dem Schwerpunktprogramm "Unternehmen Erdmantel" der Deutschen Forschungsgemeinschaft, hatte das Institut bedeutenden Anteil. Koordinator des Schwerpunktes war H. Berckhemer. Das Institut war insbesondere bei der seismischen Tiefensondierung der Erdkruste unter dem Rheingraben und dem Rheinischen Schild beteiligt, wobei die Beiträge von Meißner und Mitarbeitern hervorzuheben sind. In den Alpen hat sich unser Interesse besonders auf den Südrand mit der sog. Zone von Ivrea-Verbano konzentriert. Diese ist dann zu einem klassischen Beispiel für die Exhumierung tiefer kontinentaler Kruste geworden. Ein erfolgreiches Projekt unter extremen Bedingungen war 1972 die krustenseismische Erforschung im Afar-Tiefland von Äthiopien, die unter der Leitung des Instituts stand. Dort hat sich, wie auch bei anderen Feldeinsätzen, das Organisations- und Menschenführungstalent des Akademischen Oberrats Dr. Bodo Baier bewährt. 1975 wurde noch unter Frankfurter Regie die Kruste des Damara-Orogens in Namibia seismisch sondiert. Allmählich haben sich dann die Forschungsschwerpunkte auf andere Bereiche verlagert.

1969 folgte Meißner der Einladung zu einem Studienaufenthalt an das Hawaii Institute of Geophysics nach Honolulu. Dieses Institut war Projektträger der NASA für die Beobachtungen mit Mondseismographen. So gelangten auch wir sehr früh an Mondseismogramme und konnten zur Interpretation mit Modellseismik und Streutheorie einiges beitragen. Noch in Hawaii erreichte Meißner der Ruf an die Universität Kiel als Nachfolger von Prof. Karl Jung, dem er 1970 folgte.

Sein Nachfolger wurde Wolfgang Jacoby, der seinerseits von Kiel nach Frankfurt übersiedelte. Er hatte hier, wie Meißner, die angewandte Geophysik in der Lehre zu vertreten. Seine wissenschaftlichen Interessen lagen aber mehr beim Schwerefeld der Erde und der Schwerkraft als Antriebsmotor geodynamischer Prozesse. Er hatte die Anregung aufgenommen, die geodätischen Daten von Island geophysikalisch zu interpretieren und durch eigene Messungen und Beobachtungen zu ergänzen. Seither ist Island sein wissenschaftliches Eldorado. Hieraus ging auch die Dissertation von G. Marquart (1983) hervor.

1971 folgte dem "Upper Mantle Project" auf Beschluß der Internationalen Union für Geologische Wissenschaften und der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik das "International Geodynamics Project". Berckhemer wurde zum Chairman der Working Group 3 (Alpine-Mediterranean Geodynamics) ernannt. Danach orientierten sich auch die Forschungsziele neu.

Auf der Peloponnes wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Athen mobile Erdbebenstationen so plaziert, daß mit den vorhandenen griechischen Stationen erstmals eine präzise Lokalisierung der Hypozentren der westägäischen Subduktionszone möglich war (Dissertation G. Leydecker, 1975). Es wurden auch Modellbetrachtungen zur Entstehung des Ägäisraums angestellt. Neugebauer, der bereits seit 1968 eine Assistentenstelle innehatte, wechselte sein Arbeitsgebiet in Richtung auf geodynamische Modellrechnungen mit finiten Elementen. Erste Anwendungen bezogen sich auf das Deformations- und Spannungsfeld im Rheingrabenbereich und dann auf Probleme der Stabilität passiver Kontinentalränder. Neugebauer hat sich 1977 für das Fach Geophysik in Frankfurt habilitiert und ist nach einem Forschungsjahr an der Cornell University 1979 einem Ruf nach Clausthal gefolgt. Geodynamische Modellrechnungen über das Lithosphären-Asthenosphären-System wurden auch in der Arbeitsgruppe Jacoby ausgeführt. 1976 kam Dr. George Purcaru nach Frankfurt. Er hat, zunächst im Rahmen von Forschungsprojekten, später als freier Mitarbeiter, teils gemeinsam mit Berckhemer, über die raum-zeitliche Erdbebenaktivität im Mittelmeerraum und über Parametrisierung von Erdbeben gearbeitet.

Für die kontinuierliche Erfassung lokaler und regionaler Seismizität sowie teleseismischer Laufzeitanomalien für seismische Tomographie waren einfache, leicht transportable Magnetbandregistriergeräte erforderlich. Dies führte Ende der 70er Jahre zur Entwicklung der sog. MLR-Geräte durch Paulat im Elektroniklabor des Instituts, wo bisher etwa 35 Stück gebaut wurden. Sie fanden Einsatz im heimlich hessischen Raum, speziell bei der tomographischen Untersuchung des Vogelsbergvulkanunterbaus, und bei

einem Gemeinschaftsprojekt mit der ETH-Zürich zur Klärung der Struktur der Lithosphärenwurzel unter den Alpen. Seit 1985 wird im Rahmen eines deutsch-türkischen Gemeinschaftsprojekts zur Erdbebenvorhersageforschung am Westende der Nordanatolischen Verwerfungszone ein Netz von 9 MLR-Stationen unter Leitung von B. Baier betrieben. Zur Fortsetzung in den Ägäischen Raum wurde zusätzlich 1992 auf nordägäischen Inseln gemeinsam mit der Universität von Athen im Rahmen eines EU-Projekts ein weiteres Netz von 10 Stationen installiert.

Experimentelle gesteinsphysikalische Arbeiten haben sich seit den 70er Jahren zunehmend zu einem Forschungsschwerpunkt des Instituts entwickelt. Die Arbeiten in einem durch die beengte räumliche Situation im Keller des Instituts eingeschränkten gesteinsphysikalischen Labor begannen mit den bereits erwähnten Modellversuchen über Fließinstabilitäten und getriggerte Bruchvorgänge. Ein 'highlight' war die Messung der Dämpfung elastischer Wellen im Hochvakuum bei tiefen Temperaturen am größten Stück lunaren Anorthosits, das unter militärischen Sicherungsmaßnahmen einem europäischen Institut zur Verfügung gestellt worden war. Die Versuche sollten zur Aufklärung der Eigenart der Mondseismogramme beitragen (Herminghaus, Berckhemer). 1976 folgte die Installation einer 10-kb-Gasdruckapparatur für rheologische Hochdruck-Hochtemperatur-Untersuchungen an Gesteinen der Unterkruste und des Erdmantels. Während zunächst das stationäre Kriechverhalten im Vordergrund stand, konzentrierte sich bald das Interesse auf anelastische Absorption im seismischen Frequenzbereich bei hohen Temperaturen. Diese Untersuchungen erfolgten sowohl experimentell (Dissertation W. Kampfmann, 1984), als auch durch theoretische Modellbetrachtungen (Dissertation H. Schmeling, 1984). Bestimmungen der Dämpfung seismischer Wellen im Erdkörper aus dem Spektralverhältnis S/P (Dissertation A. Ulug, 1983) konnten damit festkörperphysikalisch verstanden werden. Diese und auch alle späteren experimentellen Arbeiten wären ohne die Sachkenntnis und das Engagement von Dipl.-Ing. Emil Aulbach nicht möglich gewesen.

Von 1975 bis 1979 war Berckhemer, zunächst als Vizepräsident und dann als Präsident der Internationalen Assoziation für Seismologie und Physik des Erdinnern, in internationalen Aktivitäten stark involviert.

1978 gelang es, eine Professur für Mathematische Geophysik neu zu schaffen, die erste ihrer Art in der Bundesrepublik. Mit der Berufung des Privatdozenten Gerhard Müller von Karlsruhe nach Frankfurt haben die studentische Ausbildung und die Forschung eine wesentliche Erweiterung und neue, zeitgemäße Akzente erfahren. Mit der Einrichtung dieser Professur war auch eine räumliche Erweiterung durch Anmietung von Räumen in der Siesmayerstr. 58 verbunden. Die relativ gute Ausstattung des Instituts mit Professorenstellen wurde mit der externen Versorgung der Nachbaruniversitäten in Gießen, Darmstadt und Mainz mit Vorlesungen und Praktika begründet.

1983 wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie das "Deutsche Kontinentale Reflexionsseismische Programm" (DEKORP) beschlossen, das die Untersu-

chung der Feinstruktur der tiefen Erdkruste auf ausgewählten Profilen zum Ziel hat. Die Gruppe Müller hat sich, zum Teil in diesem Rahmen, in zahlreichen Arbeiten mit Methoden zur Generierung synthetischer Seismogramme (Dissertationen M. Korn, 1985, M. Weber, 1986, H. Emmerich, 1991), mit Beugung und Migration (Dissertation P. Temme, 1983, W. Kampfmann, 1988) befasst. Von Müller (1983) sowie von Emmerich und Korn (1986) wurden auch der Einfluß frequenzabhängiger Dämpfung auf die Wellenausbreitung theoretisch behandelt. Daneben wurde unter Nutzung moderner digitaler Breitbandseismogramme und synthetischer Seismogramme die Struktur von Grenzschichten im Mantel und Kern sowie deren Anomalien untersucht (Dissertationen J. Schlittenhardt, 1984, J. Schweitzer, 1990, T. Spies, 1991). Andere Arbeiten befaßten sich mit dem raum-zeitlichen Prozeß im Erdbebenherd (Dissertation W. Brüstle, 1985) und der globalen Tomographie (Dissertation M. Körnig, 1994). In den letzten Jahren konzentrierten sich die Arbeiten auf die Theorie der Streuung in stochastisch heterogenen Medien (Dissertationen Y. Fang, 1994, M. Roth, 1996). Michael Korn habilitierte sich 1993 mit Arbeiten zur Wellenstreuung in der Lithosphäre und ist seit 1995 Professor für Theoretische Geophysik an der Universität Leipzig. Sein Nachfolger als Hochschulassistent wurde Dr. Torsten Dahm.

Gewissermaßen ein wissenschaftlicher Seitensprung von G. Müller, allerdings ein recht bemerkenswerter, waren gravimetrische Schweremessungen höchster Genauigkeit. Sie wurden gemeinsam mit W. Zürn, Schiltach, und Kollegen aus der Geodäsie am Hornberg-Stausee im Südschwarzwald durchgeführt. Es ging um die Frage der Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes und um die Suche nach der "5.Kraft" (MÜLLER et al. 1990) - *Newton hat Recht behalten* -.

Im Mai 1984 ist Jacoby dem Ruf auf eine Professur für Geophysik an die Universität Mainz gefolgt, wo er schon mehrere Jahre als Lehrbeauftragter tätig gewesen war. Im Oktober 1984 wurde Tilman Spohn, der sich im Frühjahr mit einer Arbeit über die thermische Evolution der Erde habilitiert hatte, auf eine Professur für Planetenphysik an die Universität Münster berufen. 1986 kam als Nachfolger von Jacoby auf die Professur für Angewandte Geophysik Prof. Volker Haak von der FU-Berlin nach Frankfurt. Der Schwerpunkt in der angewandten Geophysik lag jetzt bei den geoelektrischen Verfahren. Das eigentliche Forschungsgebiet von Haak war aber seit Jahren schon die Erforschung der elektrischen Leitfähigkeit von Erdkruste und -mantel mit den Methoden der Magnetotellurik. Er scharte rasch eine größere Zahl von Studenten um sich, nicht zuletzt wohl auch im Hinblick auf deren berufliche Chancen bei der Anwendung geoelektrischer Verfahren in der Umweltgeophysik.

Nach heftigen Diskussionen um die Lokation wurde im Herbst 1983 mit der Kontinentalen Tiefbohrung (KTB) in der Oberpfalz bei Windischeschenbach begonnen und diese 1994 bei einer Teufe von fast 9100 m beendet. Das Institut hat mit zwei Projekten zu diesem Unternehmen beigetragen. Die gesteinsphysikalische Gruppe von Berckhemer hat mit Untersuchungen der Spannungsrelaxationsprozesse in Bohrkernen zum Verständnis der Mikrorißbildung und zur

Abschätzung der in-situ-Spannung im Experiment und mit numerischen Modellrechnungen beigetragen (A. Zang, K. Wolter, M. Lienert, J. Zinke). Die Gruppe Haak hat mit K. Bahr, M. Stoll, H. Winter das KTB-Umfeld geoelektrisch vermessen und im Bohrloch selbst mit neu entwickelten Sonden bis zur Endteufe Eigenpotentiale gemessen und interpretiert. Die erfolgreiche Durchführung der Experimente in beiden Projekten war auch hier wieder maßgeblich der technischen Expertise von E. Aulbach zu verdanken.

In den letzten Jahren hat das Institut tiefgreifende Veränderungen erfahren. 1993 verließ Haak Frankfurt, um am GeoForschungsZentrum in Potsdam eine verantwortliche Position und an der FU-Berlin eine Professur zu übernehmen. Seine Stelle war zunächst für eine Wiederbesetzung noch nicht verfügbar. 1992 bzw. 1993 hatten die Professoren Georgii und Berckhemer das Emeritierungsalter erreicht.

Als Nachfolger von Berckhemer wurde 1994 Prof. Harro Schmeling berufen, der ja im Institut kein Unbekannter war. Er kehrte nach 3 Jahren als Dozent an der Universität Uppsala und 4 Jahren als Professor in Bayreuth wieder nach Frankfurt zurück. Die Forschungsakzente werden in Zukunft bei der Entwicklung numerischer Modelle für Zustand und Prozesse im Erdinnern liegen, jedoch soll auch die experimentelle Gesteinsphysik weitergeführt werden.

Als Nachfolger von Haak wurde 1995 Dr. Andreas Junge aus Göttingen berufen, der durch seine Lehrstuhlvertretung in Frankfurt schon bekannt und geschätzt war. Er wird, wie Haak, die angewandte Geophysik mit Schwerpunkt bei geoelektrischen und magnetotellurischen Methoden vertreten. Nach seiner Habilitation 1994 hat Karsten Bahr zunächst eine Stelle am GeoForschungsZentrum Potsdam und 1996 eine Professur in Göttingen (Nachfolge Schmucker) übernommen.

Räumlich war das Institut längst über sein Stammhaus in der Feldbergstraße 47 hinausgequollen. Nachdem auch durch die Neubesetzungen der Professuren in Geophysik und Meteorologie der Raumbedarf noch weiter anstieg und mit dem seit langem versprochenen Neubau im Universitätsbereich auf dem Niederurseler Hang vorerst nicht gerechnet werden kann, haben sich die meteorologische und die geophysikalische Abteilung räumlich, und teilweise auch administrativ, voneinander getrennt. Die Geophysik verbleibt im Stammhaus in der Feldbergstraße 47 mit Dependancen in Feldbergstraße 45 und 42, während die Me-

eteorologie ins Kerngebiet der Universität abgewandert ist. Die Geophysik hat soeben im Zusammenhang mit der Grundsanierung der Feldbergstraße 47 und zweimaligem Umzug in ein Ausweichquartier und zurück eine schwere Leidenszeit hinter sich und hofft, bald wieder gedeihlich arbeiten zu können.

Wissenschaft kann nicht von Wissenschaftlern allein betrieben werden. Stellvertretend seien hier einige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter genannt, die durch lange Zugehörigkeit dem Institut in besonderem Maße verbunden waren oder sind. Liselotte Acker trat 1929 als Sekretärin in das Institut ein und verblieb dort bis zu ihrer Pensionierung 1971. Der erste Leiter der feinmechanischen Werkstatt, Wilhelm Weine, ebenso wie der derzeitige Leiter, Robert Röder, hatten ihre Ausbildung in der dem Physikalischen Verein nahestehenden Instrumentenfabrik Hartmann und Braun erhalten, während der Nachfolger von Herrn Weine, Erich Ullrich, aus dem Institut selbst hervorgegangen ist. Verwalter des Taunus-Observatoriums war seit Mitte der 50er Jahre bis zu seiner Pensionierung Hans Schweigmann. An seine Stelle ist 1991 sein Schwiegersohn Johannes Wolf getreten. Die Bibliothek erhielt nach ihrem Ausbau 1965 eine hauptberufliche Betreuung durch Rosemarie Weihrauch. Nach deren Pensionierung folgte 1986 Monika Dedolf. Die Stelle eines Zeichners und Fotografen wurde 1966 mit Willi Mahler besetzt, dem nach seiner Pensionierung Christine Lidzba folgte. Ingrid Hörnchen kam mit G. Müller als dessen Sekretärin nach Frankfurt. Christel Morgenstern war bis zu ihrer Pensionierung für die Verwaltung beider Abteilungen des Instituts tätig.

Literatur

Jahresberichte des Physikalischen Vereins zu Frankfurt am Main (1906-1991): Bericht des Instituts für Meteorologie und Geophysik, Frankfurt a. M. (Eigenverlag des Physikalischen Vereins).

LINKE, F. (1914): Berichte des Meteorologisch-Geophysikalischen Institutes und seines Taunus-Observatoriums Nr.1; Braunschweig (Kommissionsverlag von Friedrich Vieweg u.Sohn).

MÜGGE, R. (1964): Geschichte des Universitätsinstituts für Meteorologie und Geophysik. - (unveröffentlichtes Manuskript).

MÜGGE, R.& E.(1974): Die Pflege der Meteorologie im Physikalischen Verein. - in Fricke, H. (Hrsg.): 150 Jahre Physikalischer Verein Frankfurt a. M.; Frankfurt a. M. (Physikalischer Verein).

SCHWEITZER, J. (1989): Beno Gutenberg (1889-1960) - Biographische Notizen zu einem großen Geowissenschaftler. - Vortrag gehalten auf der Jahrestagung der DGG in Stuttgart.

Zur Geschichte des Adolf-Schmidt-Observatoriums für Geomagnetismus in Niemeck

Adolf Best

Erdmagnetische Beobachtungen in Berlin und Potsdam

Die Erforschung des Geomagnetismus in Deutschland, insbesondere im damaligen Preußen, geht, wie Archivunterlagen beweisen, auf Alexander von Humboldt zurück (MUNDT 1986). Sie sei eine der drei "wichtigsten und eigentümlichen Arbeiten" seines Lebens. Nach der endgültigen Rückkehr in seine Heimatstadt Berlin 1827 setzte sich Humboldt dafür ein, daß eine modern ausgestattete Sternwarte errichtet und gleichzeitig auch die Belange der erdmagnetischen Forschung berücksichtigt wurden. Am 11. Mai 1836 begann man in Berlin mit der kontinuierlichen Beobachtung. Zweimal täglich, zunächst um 8.00 Uhr und um 14.00 Uhr, wurden die Deklinationswerte ermittelt. Als Meßgeräte standen ein Magnetometer zur Bestimmung

der Intensität, gebaut von Mayerstein in Göttingen, ein Inklinationsapparat von Gambey und ein von Baumann konstruiertes Gerät zur Bestimmung der Deklination zur Verfügung.

Humboldts Engagement war aber darauf gerichtet, möglichst global den Erdmagnetismus zu studieren. Nicht zuletzt seinen Bemühungen ist es zu verdanken, daß es möglich wurde, im Zeitraum von 1836 bis 1841 an etwa 50 Stationen koordinierte Beobachtungen durchzuführen.

Die Berliner Beobachtungen mußten aber bereits Ende 1872 infolge "eingetretener localer Störungsverhältnisse" - gemeint waren die aus der Industrialisierung und aus der verkehrstechnischen Erschließung Berlins resultierenden Beeinträchtigungen - eingestellt werden, obwohl die Messungen jahrzehntelang "in ihrer Art Nichts zu wünschen" übrig ließen. Es ist gerechtfertigt, die Ergebnisse der Berliner Messungen denen der Reihe Potsdam, Seddin und Niemeck voranzustellen (Abb. 1). E. Ritter hat die Werte von 1836 bis 1860 in der Berliner Archenhold-Sternwarte gefunden und aufbereitet. Der Verbleib der Daten aus dem Zeitraum bis 1872 ist bis heute unbekannt (RITTER 1991).

Nach der Einstellung der magnetischen Beobachtungen begann eine lange Durststrecke für den Erdmagnetismus in Preußen. Der Preußische Staat tat sich recht schwer mit der Neugründung einer magnetischen Station. Wilhelm Julius Foerster, von der Bedeutung des Geomagnetismus überzeugt, konnte nach langwierigen Verhandlungen und der Vorlage mehrerer Denkschriften erreichen, daß mit dem Bau eines magnetischen Observatoriums im Frühjahr 1887 auf dem Potsdamer Telegrafenberg begonnen wurde. Im Herbst 1889 begannen Proberegistrierungen, ab 1. Jan. 1890 Dauerbeobachtungen. Die Geschichte der Gründung des Geomagnetischen Observatoriums Potsdam wurde von KÖRBER (1965) und TIEMANN (1990) umfassend beschrieben.

Die Vorgeschichte des Niemecker Observatoriums

Wie in vielen Observatorien in aller Welt, die ihren Betrieb im Laufe der Zeit durch Fremdstörungen verlagern oder einstellen mußten, hat dieses Problem auch im Magnetischen Observatorium Potsdam schon bald eine Rolle gespielt. Bereits 1907 mußte eine Teilverlagerung des Registrierbetriebes nach Seddin erfolgen, weil durch Einführung des elektrischen Treidelbetriebes auf dem Teltow-Kanal, später auch durch die Elektrifizierung der Straßenbahn in Potsdam, nicht unwesentliche Störungen des Meßbetriebes auftraten. Die Finanzierung dieser Teilverlagerung wurde mit Mitteln der Teltow-Kanal-Gesellschaft und der Stadt Potsdam erreicht. Allerdings war nach Seddin, das ca. 20 km südwestlich von Potsdam in der Nähe der Bundesstraße 2 liegt, nur die Variationsregistrierung ausgelagert worden, während die absoluten Messungen weiterhin in Potsdam erfolgten. Doch Mitte der 20er Jahre wurden Pläne bekannt, die Berliner Stadtbahn bis nach Potsdam zu

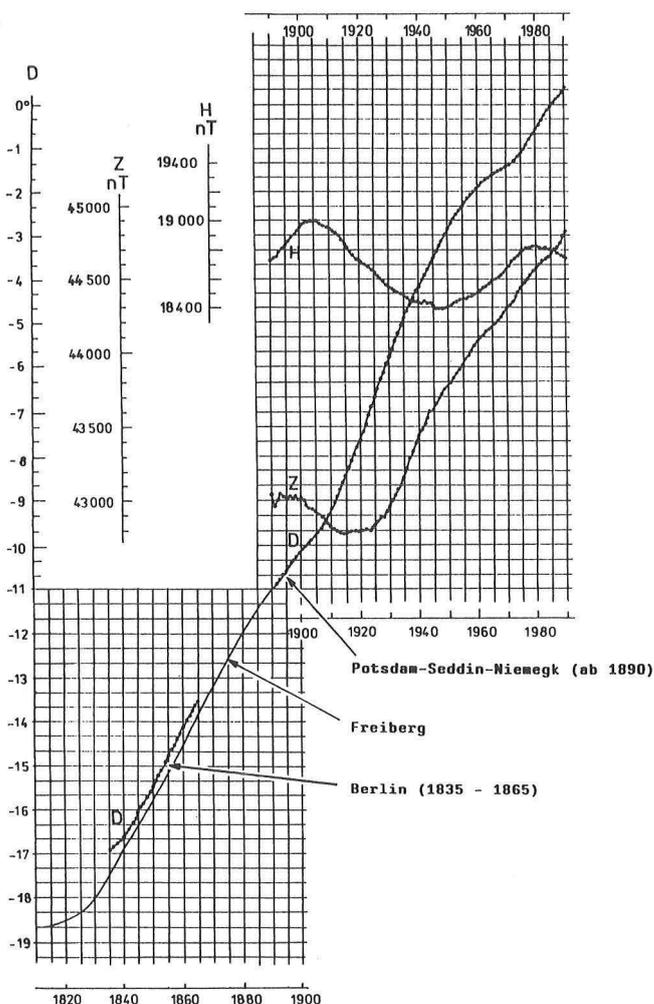


Abb. 1 : Säkularer Gang der erdmagnetischen Elemente D (Deklination), H (Horizontalintensität) und Z (Vertikalintensität) für Potsdam-Seddin-Niemeck, für D von 1835 bis 1865 für Berlin sowie D in Freiberg (nach G. Porstendorfer; angepaßt an Potsdam).

elektrifizieren. Wieder wurde eine Verlagerung notwendig, diesmal eine endgültige und vollständige. Denn es zeigte sich, daß selbst in Seddin die Fahrpläne der Züge sich in den Magnetogrammen widerspiegelten, als 1927 die ersten Probezüge fuhren. Die Berliner S-Bahn, eine 800-Volt-Gleichstrombahn, machte erdmagnetische Registrierungen in Potsdam und Seddin unmöglich.

Geheimrat Professor Dr. Adolf Schmidt, wohl einer der bedeutendsten deutschen Geophysiker und würdig, in einem Atemzug mit A. v. Humboldt und C.F. Gauß genannt zu werden, wenn es um den Erdmagnetismus geht, war seit 1902 Leiter der Magnetischen Abteilung des Preußischen Meteorologischen Instituts in Potsdam. Er hat 1907 die Teilverlagerung nach Seddin geleitet und war nun bis zur Pensionierung Anfang 1928 maßgeblich an den Vorarbeiten zur Observatoriumsgründung in Niemegk beteiligt. Sein Nachfolger war Prof. Alfred Nippoldt. Eine Würdigung des Erdmagnetikers A. Schmidt hat J. BARTELS (1946) gegeben. Zum 125. Geburtstag bzw. zum 50. Todestag erschienen Beiträge von WEBERS (1985) und BEST (1991, 1994).

Für das Observatorium wählte man einen Platz in der Nähe der Stadt Niemegk im Fläming aus. Es standen zunächst noch zwei andere Orte in der Niemegker Gegend zur Wahl. Dem Magistrat der Stadt Niemegk gelang es aber, durch besonderes Entgegenkommen die Aufmerksamkeit auf den gewählten Ort zu lenken. Die Stadt versprach sich in wirtschaftlich schwerer Zeit Aufträge für die einheimischen Handwerker und einige Arbeitsplätze. Man bot die Fläche, 1,5 km vom Ort entfernt, erschlossen an, wobei für die Observatoriums-Gelände das Institut nur ein Drittel der Kosten tragen mußte. Das Vorhandensein eines Gaswerkes in Niemegk war für Schmidt und Nippoldt ein wesentlicher Grund für die Niemegker Platzwahl. Sie versprachen sich mit der Gasheizung eine größere Konstanz und Genauigkeit bei der Untersuchung des Temperatureinflusses auf die Meßgeräte. Außerdem hatte die Reichsbahndirektion in einem Schreiben vom 27. Jan. 1927 ausdrücklich erklärt, einen elektrischen Betrieb der Städtebahnstrecke, die an Niemegk vorbeiführte, insbesondere mit Gleichstrom und Schienenrückleitung, niemals einzuführen. Auch hatte die Stadt versichert, keine Gleichstromanlagen im Stadtgebiet zu dulden und nur den für das Observatorium unschädlichen dreiphasigen Wechselstrom zu nutzen. In einem Vertrag wurde festgelegt, im Stadtkreis von 500 m alle neuen geplanten elektrischen Anlagen der Institutsleitung zur Genehmigung vorzulegen. Alle diese Maßnahmen führten dazu, daß die Einwohner von Niemegk über viele Jahre die Ansicht vertraten, die Existenz des Observatoriums hätte eine industrielle Entwicklung des Niemegker Gebietes verhindert. Nun hat das Observatorium in der Tat versucht, in sogenannten Schutzzonen um das Gelände herum Einfluß zu nehmen auf den Aufbau elektrischer Anlagen, Sprengungen, Waldrodungen usw. Die Schutzzonenradien sind heute 1, 5 und 30 km. Niemals jedoch haben diese Vorsichtsmaßnahmen eine Investortätigkeit behindert, immer konnte mit den Planern Einigung erzielt werden, selbst mit der damaligen Reichsbahn bei der Elektrifizierung der Strecke Seddin - Roßlau, die bei Belzig an

Niemegk vorbeiführt. Allerdings konnte vor der politischen Wende 1989/90 verhindert werden, daß die Sowjetarmee und die damalige DDR-Armee bei Manövern Transportkolonnen am Observatorium vorbeiführten.

Nachteilig erwies sich die schlechte Erreichbarkeit Niemegks trotz Bahnanschluß. Schon früh wurde ein Kraftfahrzeug beantragt und genehmigt, um besser von Potsdam nach Niemegk zu kommen. Das Fahrzeug wurde auch zur Landesvermessung benutzt. Ein wissenschaftlicher Mitarbeiter machte auf Kosten des Instituts den Führerschein. Als die finanzielle Situation sich 1930 verschlechterte, wurde das Auto in einen kleineren Typ umgetauscht.

In langwierigen Verhandlungen mit der Reichsbahndirektion hatte die Institutsleitung erreicht, daß die Bahn sich an den Kosten der Verlegung des Observatoriums nach Niemegk beteiligte. In einem Vertrag vom 26. Okt. 1929 erklärte sich die Reichsbahn bereit, 150.000 RM zu den einmaligen Aufwendungen und 100.000 RM als eine einmalige endgültige Abfindung für die laufenden Mehrkosten an die Preußische Staatskasse zu zahlen. Letztere Position beinhaltete Kosten für neue Personalstellen inkl. Rentenbeiträge (eigentlich Pensionsansprüche) und neue Registriergeräte. Der Preußische Staat als Betreiber des Observatoriums erklärte im Gegenzug, daß damit alle Anforderungen gedeckt sind, die aus der Elektrifizierung der Reichsbahnstrecke nach Potsdam entstanden seien. Für weitere mit Gleichstrom elektrifizierte Vorortbahnen behielt sich jedoch der Staat weitere Stellungnahmen vor. Aus diesem Grunde gab der Vorsteher des Magnetischen Observatoriums am 29. Okt. 1929 gegenüber dem Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung zu bedenken, daß neue Ansprüche entstehen, wenn die Strecke Brandenburg - Treuenbrietzen, die an Niemegk vorbeigeht, elektrifiziert würde.

Der Reichsbahn eine nicht unerhebliche Summe abgefordert zu haben, ist selbst aus heutiger Sicht beachtenswert. Die Askania-Werke waren damals nicht so erfolgreich. Dieser Betrieb mußte im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der S-Bahn nach Potsdam seine Prüfanlagen für magnetische Geräte von Berlin-Wannsee nach Potsdam-Bornim verlegen. Es kam zu einer Klage bis hin zum Reichsgericht. Man wollte erreichen, daß die Bahn den Askania-Werken die entstandenen Kosten ersetzen sollte. Die Klage wurde am 21. Okt. 1931 kostenpflichtig abgewiesen.

Das Niemegker Observatorium von 1930 bis 1945

Am 23. Juli 1930 wurde das Observatorium offiziell eingeweiht. Es war der 70. Geburtstag von Geheimrat Adolf Schmidt. Auf Antrag des Direktors des Preußischen Meteorologischen Instituts, Prof. H. v. Ficker, entschied der Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung am 1. April 1930, "*dem neuen Magnetischen Observatorium in Niemegk die Bezeichnung - Adolf-Schmidt-Observatorium für Erdmagnetismus - beizulegen*" in Anerkennung der wissenschaftlichen Leistungen von A. Schmidt seit Beginn seiner Tätigkeit in Potsdam. Zur Einweihung startete um 15.30 Uhr vom Bahnhof Potsdam ein Postkraftwagen mit

den Mitarbeitern der magnetischen Abteilung und einigen Gästen, die von A. Schmidt geladen waren, um in Niemeck von 17.00 bis 18.00 Uhr einer kurzen Feier beizuwohnen. Um 19.00 Uhr wurde ein kleiner Imbiss geboten, den knappen finanziellen Mitteln angepaßt. Der Postkraftomnibus brachte dann die Gäste wieder zurück nach Potsdam. Aus den Archivunterlagen ist nicht zu ersehen, was der Omnibus wirklich gekostet hat. Veranschlagt waren 150 RM für einen kleinen und 330 RM für einen großen Bus.

Ein Blick in das nun schon historische Gästebuch des Observatoriums zeigt, daß der erste Besuch nach der Einweihungsfeier am 14. Sept. 1930 durch die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft erfolgte. Unter den 26 Namen finden sich die von Kohlschütter, Tams, Weickmann, Rössiger, Meißer, Jung und Haalck.

Die ersten Wochen verliefen für das neue Observatorium nicht ganz problemlos. Die Anfrage des Direktors an das Ministerium, welche Ortszulage für die neue Arbeitsstelle gültig sei, da Niemeck bisher nicht im Verzeichnis der Ortszulagen aufgeführt worden sei, wurde abschlägig beantwortet, da die an den Tarifverträgen beteiligten Arbeitsorganisationen eine Festsetzung der Ortszulage für Niemeck bisher nicht verlangt hätten. Positiv wurde der Antrag behandelt, dem Hauswart am Observatorium monatlich 6 RM für die Haltung eines Wachhundes zu gewähren, bei Berücksichtigung der allgemeinen Notlage des Staates. Tatsächlich waren dann die Betriebskosten schon im Anfang höher als erwartet, z.B. für Elektroenergie und für das Dienstfahrzeug. Letzteres (50 PS) wurde dann ja auch, wie schon erwähnt, in ein kleineres Opel-Fahrzeug (20 PS) umgetauscht.

Ernsthafter war die Situation für den Observatoriumsbetrieb wegen der Gefährdung des Variationshauses durch Grundwasser. Das wurde aus Gründen der Temperaturregulierung in das Erdreich verlegt. Für den Betrachter sind nur Boden und Dach zu erkennen. Eine zwölfstufige Treppe führt hinunter zu einem Umgang, von dem die Registrierräume zu erreichen sind. Noch 1932/33 wurden verschiedene Maßnahmen getroffen (z.B. Ringdrainage, Abzugskanal und Sammelbassin, unterirdische Abflußröhre zum Abzugsgraben auf einem Nachbargrundstück), um das Grundwasser zu regulieren. All das führte schließlich zum Erfolg. Zusätzlich wurden die Grundwasserverhältnisse in der weiteren Umgebung Niemecks durch landwirtschaftliche Meliorationsmaßnahmen rapide verändert. Es ist heute nicht mehr zu verstehen, welche Probleme damals bestanden.

Bis 1936 war das Observatorium eine Abteilung des Meteorologischen-Magnetischen Observatoriums in Potsdam, das wiederum zum Preußischen Meteorologischen Institut Berlin gehörte. Von 1936 bis 1945 unterstand das Observatorium Niemeck dem Geophysikalischen Institut in Potsdam, das wiederum der Universität Berlin. Der Direktor in dieser Zeit war Julius Bartels, der A. Schmidts Nachfolger Alfred Nippoldt abgelöst hatte. Niemeck wurde noch im April 1945 Kampfgebiet im Zweiten Weltkrieg. Infolge von direkten Kampfhandlungen und Kriegsschäden mußte die Beobachtungstätigkeit eingestellt werden. Das letzte Magnetogramm trägt das Datum vom 19. April 1945.

Das Magnetische Observatorium von 1946 bis 1991

Die Kriegsschäden am Observatorium waren erheblich. Außerdem wurden durch die Rote Armee verschiedene Meßgeräte beschlagnahmt. Im Oktober 1945 wurde ein provisorischer Betrieb aufgenommen. Das erste Nachkriegsmagnetogramm trägt das Datum vom 27. Febr. 1946.

Während des Kriegsendes wohnte Gerhard Fanselau in Niemeck. Fanselau, der in Berlin 1943 durch den Bombenkrieg seine Wohnung verloren hatte, war noch von A. Schmidt als wissenschaftlicher Mitarbeiter eingestellt worden. Er war maßgeblich an der Wiederaufnahme des Meßbetriebes beteiligt. Zwecks Kontaktaufnahme begab sich Fanselau im Sommer 1945 nach Potsdam, wobei er den größten Teil der 55 km zu Fuß zurücklegte. Er traf sich mit Prof. R. Süring am Meteorologischen Institut und mit dem für Wissenschaften zuständigen Offizier der sowjetischen Militärbehörde. Das Geophysikalische Institut, das Observatorium Niemeck eingeschlossen, wurde dem Meteorologischen Zentralobservatorium zugeordnet. Direktor des Instituts war für zwei Jahre Richard Bock, der von 1930 bis 1933 die Leitung des Observatoriums Niemeck inne hatte, bevor er sich dann intensiv um die magnetische Landesvermessung von Deutschland kümmerte. G. Fanselau bemühte sich um eine möglichst selbständige Stellung des Observatoriums. Es ergaben sich Verbindungen zum Hydrometeorologischen Dienst der Roten Armee (Abt. West) und zum Technischen Büro Nr. 1 des Erdölministeriums des Ostens in Brieselang bei Nauen. Die nach dem Krieg von Fanselau entwickelte magnetische Feldwaage mit Spannbandaufhängung wurde in der kleinen Niemecker Institutswerkstatt in ersten Mustern gebaut. Die Serienherstellung übernahmen die Askania-Werke in Teltow bei Berlin, damals ein unter sowjetischer Verwaltung stehender Betrieb. Später wurde der Betrieb wieder selbständig. Unter der Firmenbezeichnung Geräte- und Reglerwerke Teltow bzw. Geophysikalischer Gerätebau Brieselang wurden über 1000 Feldwaagen gebaut und in mehr als 50 Länder exportiert. Alle Feldwaagen sind in Niemeck justiert und geeicht worden. Bemerkenswert ist, daß die Bezahlung der ersten Geräte 1946 teilweise mit Lebensmitteln erfolgte, was für die wenigen Niemecker Mitarbeiter sehr wichtig war. Die Fadenwaage von Fanselau war das Nachfolgegerät der Schmidtschen Schneidenwaage, robuster und einfacher als diese in der Handhabung.

Im Jahr 1951 erhielt das Potsdamer Institut vom IZMIRAN Moskau den Auftrag zum Bau eines absoluten galvanischen Theodoliten. Im Potsdamer Institut wurden die theoretischen Arbeiten ausgeführt, während die umfangreichen Erprobungen und Eichungen im Observatorium Niemeck vorgenommen wurden.

War 1945 ein Wissenschaftler am Observatorium tätig, so waren es 1956 vier. Die Einführung moderner Geräte und Meßverfahren, die z.T. am Observatorium entwickelt und in der eigenen Werkstatt gefertigt wurden, waren Grundlage der Entwicklung zu einem Standardobservatorium. Die Neubestimmung der absoluten erdmagnetischen Feldgrößen am Observatorium Niemeck war von entscheidender Bedeutung (RICHARD & WIESE 1954). Viele europäische

geomagnetische Observatorien führten in Niemeck Anschlußmessungen durch. Es ist bemerkenswert, daß das im April 1938 eröffnete Observatorium in Wingst seinen magnetischen Standard von Niemeck erhielt (ERRULAT 1939), als dann aber zum Ende des Krieges Niemeck seinen Theodoliten verlor, der geomagnetische Standard von Wingst nach Niemeck retransferiert wurde.

Von 1950 bis 1952 wurde in Niemeck eine Pulsationsregistrieranlage aufgebaut und die Erfassung der kurzperiodischen Variationen in das Beobachtungsprogramm aufgenommen (WIESE 1955). In diese Zeit fällt auch die Installation der geoelektrischen Registrierung, zunächst auf zwei 100-m-Strecken (LENGNING 1958). Erdstromregistrierungen spielen heute eine wichtige Rolle bei der Kontrolle der Störfreiheit der Umgebung eines Observatoriums. Nach Vorversuchen ab März 1959 wurde das Prinzip der Kernresonanzmeßtechnik zur Messung der Totalintensität in Niemeck eingesetzt (H. SCHMIDT 1962).

Die verwaltungsmäßige Zugehörigkeit des Observatoriums Niemeck wechselte nach 1945 sehr oft, wie schon angedeutet wurde. Von 1945 bis 1949 unterstand Niemeck dem Geophysikalischen Institut Potsdam, das wiederum dem Meteorologischen Dienst. Der Leiter war G. Fanselau, der dann in Nachfolge von R. Bock seit 1949 auch Direktor des Geomagnetischen Instituts in Potsdam war, das aus dem Geophysikalischen Institut hervorgegangen war. Dieses Institut und damit das Observatorium wurde später der Berliner Akademie der Wissenschaften, Forschungsgemeinschaft naturwissenschaftlicher Institute, zugeführt. Mit der Akademiereform 1968/69, die zur Gründung der Akademie der Wissenschaften der DDR und zu Zentralinstituten führte, kam Niemeck zum Zentralinstitut für Physik der Erde Potsdam, ab 1982 zum Heinrich-Hertz-Institut in Berlin-Adlershof als eigener Bereich. Schwerpunkte der geomagnetischen Forschung waren Geräteentwicklung, geomagnetische Landesvermessung, Tiefensondierung, Magnetosphärenphysik usw. Es wurden zu dieser Zeit auch verschiedene Probleme bearbeitet, die schwache magnetische Felder in der Industrie betrafen, bei deren Lösung die Erfahrungen mit dem Erdmagnetfeld hilfreich waren. Im Internationalen Geophysikalischen Jahr (IGJ) wurden mehrere Außenstationen betrieben, wobei Warnkenhagen an der Lübecker Bucht und Sosa an der gleichnamigen Tal-sperre im Erzgebirge bis 1991 bestanden.

Mit der Wiedervereinigung Deutschlands wurde die Wissenschaftsstruktur in den neuen Bundesländern reorganisiert. Im Ergebnis der Evaluierung durch den Wissenschaftsrat wurde das Adolf-Schmidt-Observatorium Niemeck zum 1. Jan. 1992 dem GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) zugeordnet, hier dem Wissenschaftsbereich Geophysik, Projektbereich Geoelektrische Sondierung und Geomagnetische Felder. Schwerpunkt der Arbeit ist in Niemeck wieder die Beobachtungstätigkeit. Das GFZ hat mit der Investition in moderne Magnetometer dieser Tendenz Rechnung getragen. Eine erste bemerkenswerte Aufgabe für Niemeck nach der politischen Wende war die Erarbeitung einer magnetischen Karte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland für die Epoche 1992.5 gemeinsam mit den anderen beiden deutschen Observatorien Fürstfeldbruck und Wingst. Es war seit 1937 die erste

Magnetkarte für das deutsche Staatsgebiet (BEBLO et al. 1995).

Das Observatorium Niemeck und bedeutende Geophysiker

Die Geschichte des magnetischen Observatoriums Niemeck in der nunmehr 106jährigen Meßreihe Potsdam-Seddin-Niemeck ist verbunden mit dem Wirken hervorragender Wissenschaftler. Über Adolf Schmidt ist schon berichtet worden. Seine theoretischen und praktischen Arbeiten werden noch heute in der Fachliteratur zitiert. Zum 100. Geburtstag von A. Schmidt hat FANSELAU (1961) in den *Physikalischen Blättern* eine Gedenkschrift veröffentlicht. Sie schließt mit den Worten: *"Es ist kaum möglich über Adolf Schmidts Leben ein besseres Motiv zu setzen als den Spruch, den er bei der Einweihung des Adolf-Schmidt-Observatoriums in Niemeck am 23. Juli 1930 in das Gästebuch eintrug:- stets vortrefflich zu sein und hervor sich zu tun vor den anderen -"*.

Julius Bartels war ein international anerkannter Wissenschaftler mit starken Verbindungen zum Observatorium. Nach seiner Promotion ging Bartels 1923 als wissenschaftlicher Mitarbeiter zu Adolf Schmidt nach Potsdam. Mit Sidney Chapman schrieb er das Standardwerk *"Geomagnetism"*, eine Monographie zum Erdmagnetismus. Die Bartelssche planetare Kennziffer K_p , die den globalen magnetischen Störungsgrad für die Erde beschreibt, soll besonders erwähnt werden.

Nach 1945 beeinflussten besonders drei Wissenschaftler das Geschehen am Observatorium Niemeck: Gerhard Fanselau, Horst Wiese und Herbert Schmidt

Wie erwähnt, baute G. Fanselau das Observatorium nach dem Krieg wieder auf und machte sich um die Entwicklung magnetischer Meßgeräte, insbesondere um die der Feldwaage, sehr verdient.

H. Wiese war maßgeblich an der Entwicklung der magnetischen Methode zur Erforschung der Leitfähigkeit des tiefen Untergrundes beteiligt. Im Jahr 1948 begann zur gegenseitigen Stützung der Meßergebnisse zwischen einigen Observatorien ein regelmäßiger Austausch von Magnetogrammen. Dabei zeigten die Registrierungen von Niemeck und Wingst große Unterschiede. Besonders in der Vertikalkomponente waren die Ausschläge bei Baystörungen in der Richtung entgegengesetzt. An beiden Observatorien wurde nach den Ursachen geforscht. MEIER (1951) vermutete zuerst, daß Erdströme Ursache dieser Vorzeichenänderungen zwischen Wingst und Niemeck sein müßten. Wiese hat dann über viele Jahre sich mit diesem Problem beschäftigt und die Methode der Leitfähigkeitsbestimmung aus magnetischen Variationen (Tiefentellurik) entwickelt. International hat sich dann später die Bezeichnung *Geomagnetische Tiefensondierung* durchgesetzt (WIESE 1955, 1965).

H. Schmidt hat als Physiker und Experimentator maßgeblichen Anteil an der Einführung moderner Meßtechniken in den Observatoriumsbetrieb. Er beschäftigte sich mit dem Prinzip der Flux-Gate-Magnetometer und baute für Niemeck das erste Protonenmagnetometer.

Seit längerer Zeit wird der Observatoriumsbetrieb bestimmt durch die Einführung neuer Meßgeräte sowie einer modernen Datenverarbeitung und -archivierung bei einer geringeren Zahl von Mitarbeitern. Der Zugriff zu den Meßergebnissen ist schneller, der für ein geophysikalisches Observatorium notwendige Austausch mit anderen Institutionen wird z.B. über INTERMAGNET beschleunigt. Alle diese Maßnahmen dürfen das hohe Niveau der 106jährigen erdmagnetischen Meßreihe nicht beeinflussen. Die Zuordnung des Observatoriums zum Geoforschungszentrum Potsdam gewährleistet eine weitere positive Entwicklung.

Literatur

BARTELS, J. (1946): ADOLF SCHMIDT, 1860-1944. - *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity* 51: 439-447.

BEBLO, M., BEST, A. & SCHULZ, G. (1995): Magnetische Karten der Bundesrepublik Deutschland. - *Sci. Technical Report des GFZ Potsdam STR95/22*: 1-31.

BEST, A. (1991): Results and Application of the Geomagnetic Research at the Adolf-Schmidt Observatory Niemeck. - *Münchner Geophys. Mitteil. H. 5*: 45-50.

BEST, A. (1995): Adolf Schmidt 1860-1944 - Zum 50. Todestag des Geophysikers und Esperantisten am 17. 10. 1994. - *GFZ Proceeding*: 5-14; Potsdam.

CHAPMAN, S. & BARTELS, J. (1940): *Geomagnetism*, Vol. I, II. - Oxford (Oxford Univ. Press).

ERRULAT, F. (1939): Das erdmagnetische Observatorium Wingst der Deutschen Seewarte. - *Ann. d. Hydr. u. Marit. Met.* 67: 355-360.

FANSELAU, G. (1961): 100. Geburtstag Adolf Schmidt. - *Phys. Blätter* 17: 326-327.

KÖRBER, H.G. (1965): Zur Vorgeschichte der Gründung des Geomagnetischen Observatoriums Potsdam. Mit einem Anhang

über die Verlagerung dieses Observatoriums nach Niemeck. - *Erdmagnet. Jahrbuch* 1963 mit wiss. Mitteil.: 126-133.

LENGNING, K. (1958): Die Erdstromapparatur am Observatorium Niemeck. - *Erdmagnet. Jahrbuch* 1955 mit wiss. Mitteil.: 160-165.

MEIER, O. (1951): Über eine besondere Art von erdmagnetischen Baystörungen. - *Dt. Hydr. Zeitschr.* 4: 61-65.

MUNDT, W. (1986): Aktualität und Bedeutung Alexander von Humboldts - Arbeiten zum Geomagnetismus. - in: Stiller, H. (Hrsg.): *Alexander-von-Humboldt-Ehrung in der DDR*; Berlin.

RICHARD, M. & WIESE, H. (1954): Die Neubestimmung der absoluten Feldgrößen am Adolf-Schmidt-Observatorium für Erdmagnetismus in Niemeck. - *Abh. Geophys. Inst. Potsdam* 13: 7-70.

RITTER, E. (1991): Die Deklinations-Meßreihe (1835-1865) der Berliner Sternwarte als Vorläufer des Observatoriums Potsdam. - *Jahrbuch 1990 des Adolf-Schmidt-Observatoriums für Erdmagnetismus in Niemeck*: 118-119.

SCHMIDT, H. (1962): Beobachtungen der Totalintensität mit Protonenmagnetometern. - *Erdmagnet. Jahrbuch* 1959 mit wiss. Mitteil.: 170-172.

TIEMANN, K.H. (1990): Neue Aspekte zur Vorgeschichte des magnetischen Observatoriums Potsdam. - *Erdmagnet. Jahrbuch*: 116-124.

WEBERS, W. (1985): Zum 125. Geburtstag des Erdmagnetikers Adolf Schmidt. - *Vermessungstechnik H.* 8: 277-278.

WIESE, H. (1955): Tiefentellurik. - *Zeitschr. f. Geol. H.* 4: 520-525.

WIESE, H. (1965): Geomagnetische Tiefentellurik. - *Abh. Geomagnet. Institut Potsdam* 36: 5-146.

Geophysik in der Bundesanstalt in Hannover

Hans-Jürgen Dürbaum & Karl Hinz

Die Gründungsjahre

Am 1. Dez. 1958 wurde die Bundesanstalt für Bodenforschung durch Erlass des damaligen Bundeswirtschaftsministers Prof. Ludwig Erhard gegründet als eine dem Bundesministerium für Wirtschaft nachgeordnete Bundesbehörde. Als Aufgaben wurden ihr übertragen

- die Durchführung und Auswertung von Untersuchungen auf dem Gebiet der Bodenforschung im Ausland, soweit solche Aufgaben aufgrund zwischenstaatlicher Beziehungen anfallen,
- die Beratung der Bundesministerien in Fragen der Bodenforschung,
- wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Bodenforschung.

Dieser Entscheidung waren jahrelange Diskussionen vorausgegangen. In keinem Fall wollten die Bundesländer wieder eine Zentralisierung der geologischen Dienste, wie sie im Dritten Reich durch das Reichslagerstättengesetz und eine entsprechende Ausführungsverordnung erfolgt war. Für die geologischen Aufgaben in den Ländern sind die Länder zuständig, für die gemeinsame Erledigung aufwendigerer Aufgaben, die sich nicht alle geologischen Landesämter leisten konnten, waren am Amt für Bodenforschung (AfB) in Hannover und in Krefeld entsprechende Bereiche eingerichtet und ausgestattet worden (HAHN & HOMILIUS 1988). Deshalb die klare Festlegung der Aufgaben im Gründungserlass. Hinsichtlich der Forschung erfolgte die Zuordnung nach der Quelle der Finanzierung: Die aus Bundesmitteln bezuschußten Arbeiten wurden der Bundesanstalt zugeordnet. Später richtete sich die Forschung wesentlich nach ihrer Notwendigkeit für die Aufgaben des Bundes.

Ein gewichtiger Schritt vor der Errichtung der Bundesanstalt (BfB) in Hannover war die Einigung der Bundesregierung mit der Landesregierung in Hannover über eine Verwaltungsvereinbarung zur gemeinsamen Leitung und Verwaltung der BfB und des im April 1959 aus dem Amt für Bodenforschung hervorgegangenen Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLfB). Weitere Punkte dieser Vereinbarung sind die Möglichkeit der Heranziehung von Bediensteten zur Dienstleistung bei der jeweils anderen Behörde und die gemeinsame Nutzung von Geräten und sonstigen Einrichtungen. Derartige Dienstleistungen von Experten des NLfB für Auslandsaufgaben der BfB waren vor allem in der frühen Phase der BfB dringend notwendig. Erst allmählich konnte die Bundesanstalt ausgebaut werden. Die Geophysik der BfB war am Anfang in den beiden Referaten II C, "Allgemeines geophysikalisches Laboratorium", und II D, "Laboratorium für Radioaktivität", in einer Abteilung "Laboratorien" unter der Leitung von Prof. Dr. Hans Closs organisiert. Das Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft unterstützte in starkem Umfang die Forschung auf dem Gebiet der Radioaktivität und der Isotope in ihrer Anwendung auf Fragen der Geowissenschaften. Dazu kam auch die Unter-

stützung der Industrie bei der Prospektion auf Uran in Deutschland. Es wurden Laboratorien zur physikalischen Altersbestimmung von Gesteinen mit der K/Ar- und der Rb/Sr-Methode und zur Bestimmung stabiler Isotope eingerichtet. Nur das Ende 1958 schon im Aufbau befindliche C¹⁴-Labor wurde den Gemeinschaftsaufgaben des NLfB zugeordnet (HÄNEL & HOMILIUS 1997).

In dem dann längere Zeit gültigen Organisationsplan gab es ab 1963 eine Unterabteilung "Physikalische Laboratorien" und außer den beiden o.g. Referaten vier weitere: "Labor für Gesteinsphysik", "Angewandte Geophysik", "Aero- und Weltraumgeophysik" und "Seegeophysik". Die Seegeophysik war schon im BfB aktiv in der Nordsee, gemeinsam mit dem Deutschen Hydrographischen Institut (DHI) und dessen Forschungsschiff (FS) GAUSS sowie mit der PRAKLA GmbH Hannover. Mit den damaligen Möglichkeiten der marinen Seismik wurde die generelle Struktur des Untergrundes der Nordsee erkundet und an die am Land bekannten Strukturen des Norddeutschen Beckens angeschlossen. Durch diese Arbeiten der BfB-Seegeophysik wurden wichtige Anstöße gegeben für die 1963 einsetzende industrielle Erdölexploration der Nordsee. 1964 stieß die BfB-Seegeophysik in die Ozeane vor durch die Beteiligung an der ersten Fahrt des FS METEOR in den Indischen Ozean und danach an vielen weiteren Fahrten. Die Entdeckung vulkanisch stark geprägter Strukturen im Golf von Bombay sollte der Ausgangspunkt sein für ein wichtiges Forschungsgebiet der BfB-Seegeophysik in den folgenden Jahren. Einen weiteren Aufschwung für die geologisch/geophysikalische Meeresforschung der Bundesanstalt gab 1970 die Indienstellung des ehemaligen Fischdampfers VALDIVIA für die Meeres-Rohstoffforschung der Bundesrepublik. Erste Ziele waren Erzschlämme im Roten Meer, Schwermetallseifen vor Mozambique und Manganknollen im zentralen Pazifik, die in intensiver Zusammenarbeit mit der Industrie bei starkem Engagement verschiedenster Forschungsbereiche von BfB und NLfB verfolgt wurden.

Schon in der ersten Phase nach Gründung der BfB gab es ein Forschungsprogramm "Aero-Geologie und Airborne-Geophysik", das sich in der Geophysik zunächst auf Magnetik und Szintillometrie beschränkte. Nach Erprobungen über speziellen Objekten in Deutschland erfolgten systematische Vermessungen bei Projekten in der Dritten Welt (Dahomey, dem jetzigen Bénin, und Afghanistan) und die aeromagnetische Befliegung der Bundesrepublik Deutschland im Profilabstand von 2 km. BfB und NLfB beteiligten sich mit intensiven Entwicklungen von Methoden zur Interpretation von magnetischen Anomalien und mit der Interpretation der gewonnenen Daten.

Die Gruppe der "Gesteinsphysik" konzentrierte sich auf das Gebiet der Porosität und Permeabilität der Gesteine und dabei im wesentlichen auf Fragen der Bewegung des Grundwassers und des Wassers in der ungesättigten Bodenzone. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Sektor Grundwasser erfolgten in großem Umfang bei

Vorarbeiten für die Grundwassererschließung in Niedersachsen in Zusammenarbeit mit den Hydrogeologen des NLFb, später auch bei Grundwassererschließungsprojekten im Ausland. Hier wie auch auf dem Gebiet der Wasserbewegung und der Stofftransportvorgänge in der ungesättigten Bodenzone wurde in wachsendem Umfang mit Modellierungsverfahren gearbeitet.

Die BfB betreute die Entwicklungsarbeiten der Forschungsgemeinschaft Seismik e.V. (heute Angewandte Geophysik), die vom Bundeswirtschaftsministerium zur Methodenverbesserung bei der Exploration auf Erz und Salz gefördert wurden und die in guter Kooperation mit der betreffenden Industrie stattfanden. Angestoßen wurden diese Arbeiten durch die wirtschaftlichen Schwierigkeiten des deutschen Erzbergbaus, vor allem des Siegerländer Bergbaus; ganz wesentlich wurden die Entwicklungen dann getragen durch die Kaliindustrie. Zu nennen sind die umfangreichen Arbeiten über den Erzbringer im Siegerland, die Entwicklungen auf dem Gebiet der Untertage-seismik (erfolgreich vor allem die Hammerschlagseismik) und auf dem Gebiet der Elektromagnetik im Salz. Die Aktivitäten der BfB und des NLFb griffen entsprechende Arbeiten des Kaliforschungsinstituts in Sondershausen auf. Besonders erfolgreich war die Entwicklung einer elektromagnetischen Reflexionsmethode durch Rudolf Thierbach, NLFb, und deren Einführung in die Praxis.

BfB und NLFb arbeiteten gemeinsam auf den Gebieten der Interpretation geoelektrischer Widerstandsmessungen und in der Geothermik. Die BfB führte - mit vielfacher Unterstützung durch Experten des NLFb - geoelektrische Untersuchungen zur Grundwassererkundung bei vielen Projekten der Technischen Zusammenarbeit (TZ) mit großem Erfolg durch. Eine wichtige spezielle Aufgabe der BfB in der Geothermik wurde ab 1967 die Untersuchung der Aufheißungsvorgänge bei der Einlagerung von radioaktivem Abfall im Salzgebirge, mit systematischen Untersuchungen der thermischen Eigenschaften der Salzgesteine im Labor und mit in-situ-Versuchen im Versuchsbergwerk Asse.

Abteilung Geophysik in der BfB/BGR

Die Aufgaben der Abteilung "Laboratorien" der BfB waren so stark gewachsen, daß Anfang der 70er Jahre eine Umorganisation der BfB und dabei die Einrichtung einer selbständigen Abteilung "Geophysik" zum 1. Juli 1972 beschlossen wurde. Hans Closs, der an diesem Tage 65 Jahre alt wurde, übernahm nur kurzfristig mit einem Sonderauftrag die Leitung der neuen Abteilung bis zum 31. Okt. 1972, insbesondere weil sein designierter Nachfolger Karl Deppermann im Januar 1972 im Alter von nur 47 Jahren an Krebs gestorben war und es nach dem Ausscheiden des Präsidenten Gerhard Richter-Bernburg Ende Februar 1972 und einem nur 9tägigen Zwischenspiel von Prof. Eberhard Machens zunächst mit Ministerialdirektor Dr. Ulrich Engelmann nur einen kommissarischen Präsidenten aus dem Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) gab. Zum 1. Nov. 1972 übernahm Hans-Jürgen Dürbaum die Leitung der Abteilung Geophysik mit Immo Wendt als Leiter der Unterabteilung "Geophysikalische Forschung und Entwicklung" (Stellvertreter: Hans-Peter Harjes) und Karl Hinz als Leiter der Unterabteilung "Explorationsgeophysik" (Stell-

vertreter: Oskar Kappelmeyer). Es war eine Zeit einerseits mit vielen neuen Aufgaben, andererseits mit einer kaum nennenswerten Vergrößerung des Personals, zunächst da die BfB wegen ihres Widerstandes gegen den ernannten Präsidenten Prof. Machens im BMWi wenig Fürsprecher hatte, und es später dann einen 'Überrollungshaushalt' nach dem anderen gab. Eine Maßnahme wirkte sich jedoch sehr positiv aus: eine Prüfung des Bundesrechnungshofes hatte als Resultat, die BfB habe "eher zu wenig als zu viel Geld für die Beschaffung von Großgeräten", weshalb zukünftig jeweils eine relativ große Summe für die Beschaffung von Großgeräten im BfB-Haushalt bewilligt wurde.

Im Oktober 1973 kam der sog. 'Ölschock' mit der Folge, daß die Bundesregierung Maßnahmen zur Rohstoffversorgung insgesamt stark förderte. Was die Geophysik betraf, so standen in Zukunft erhebliche Mittel für die Charterung von Explorationsschiffen für geophysikalische Arbeiten im Vorfeld der industriellen Exploration im Nordatlantik zur Verfügung, und das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) stellte Mittel für die Beschaffung und Erprobung einer aerogeophysikalischen Ausrüstung für einen Hubschrauber zur Verfügung, einen Sikorsky-Hubschrauber, der von der Bundeswehr ausgemustert und von der BfB übernommen wurde. Der zentrale Teil der aerogeophysikalischen Ausrüstung war ein elektromagnetisches System (DIGHEM II); eine intensive Beschäftigung mit den Möglichkeiten der elektromagnetischen Exploration und der Interpretation derartiger Daten war die notwendige Konsequenz der übernommenen Aufgaben.

Zu den Fördermaßnahmen der Bundesregierung gehörte auch die verstärkte Unterstützung der Exploration durch die inländische Erdöl/Erdgas-Industrie, also auch von seismischen Untersuchungen. Die fachliche Stellungnahme zu entsprechenden Förderanträgen der Industrie aus der Sicht der Geophysik war Aufgabe der BfB. Dafür wie auch für die Aufgaben der modernen Seeseismik war es notwendig, daß entsprechendes Know-how auf dem Sektor der modernen digitalen Datenbearbeitung aufgebaut wurde, in Verbindung mit Forschungen zur Weiterentwicklung der publizierten Methoden. In diesem Zusammenhang müssen die herausragenden Beiträge von Peter Hubral zur seismischen Geschwindigkeitsanalyse und zur Migration seismischer Wellen genannt werden. Die Seegeophysik der Bundesanstalt unter der Führung von Karl Hinz leistete mit ihrem ziemlich einmaligen Material und dessen geologischer Interpretation wichtige Beiträge zu den Erkenntnissen über den Bau, die geologische Entwicklung und das Kohlenwasserstoffpotential von passiven Kontinentalrändern. Der vulkanische Kontinentalrandtyp wurde entdeckt. Hervorragende Möglichkeiten zu diesen Untersuchungen bot dazu die Mitgliedschaft der Bundesanstalt in der JOIDES-Organisation in Verbindung mit der Teilnahme der Bundesrepublik am Deep Sea Drilling Project (DSDP), später - seit 1985 - Ocean Drilling Programme (ODP).

Weitere wichtige Beiträge der Geophysik für die Erdöl-Erdgas-Forschung in der BfB und ab 1975 in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) waren grundlegende Forschungen der Gruppe von Wolfgang Stahl hinsichtlich der Kohlenstoff- und Wasserstoff-Isotope in Abhängigkeit von der Genese der Kohlenwasserstoffe.

Ziel war die Gewinnung frühzeitiger Erkenntnisse beim Niederbringen von Erdölbohrungen über die in der Tiefe zu erwartenden Kohlenwasserstoffe und Erkenntnisse über die Vorgänge bei der Bildung der Kohlenwasserstoff-Lagerstätten. Als Wolfgang Stahl 1979 die Leitung der Abteilung "Geochemie" übernahm, nahm er seine Isotopenforschung - nun "Isotopengeochemie" genannt - in seine neue Aufgabe mit. Weiter muß hier die Magnetotellurik genannt werden, die seit Ende der 60er Jahre in der BfB betrieben wurde und die von 1975 bis 1985 mit einer flächenhaften Vermessung NW-Deutschlands und einem großen TZ-Projekt in Zimbabwe zwei große Projekte durchführte und interpretierte.

Seit Anfang der 70er Jahre gehört das Seismologische Zentralobservatorium Gräfenberg (SZGRF) zur BfB. Als zunächst selbständige Einheit gehört das SZGRF seit 1980 zur Abteilung "Geophysik". Der in Zusammenarbeit mit der DFG erfolgte Aufbau eines digitalen seismologischen Breitbandarrays, des "Gräfenbergarrays", war für die deutsche Seismologie ein ganz wichtiger Beitrag; die Kooperation auf diesem Sektor zwischen DFG, BGR und den geophysikalischen Instituten, vertreten durch das FKPE (Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V.), darf vorbildlich genannt werden. Zum SZGRF befindet sich in diesem Band ein eigener Beitrag (SEIDL & AICHELE 1997).

Eine wichtige Begründung für die Übernahme des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg in die Bundesanstalt war die seismologische Überwachung von Nuklearexplosionen. Seit Ende der 70er Jahre nimmt die BGR-Seismologie durch Vertreter an den Abrüstungsverhandlungen in Genf teil, die einen kontrollierten Atomteststopp zum Ziel haben. Gemeinsam mit Prof. Harjes, jetzt Universität Bochum, haben die BGR-Experten wichtige Beiträge zur Realisierung einer solchen Kontrolle eingebracht.

Um die Wende zu den 80er Jahren kamen auf die BGR - und dabei in großem Umfang auf die BGR-Geophysik - Aufgaben aus dem Gebiet der Grundlagenforschung zu. Das war einmal im Jahre 1979 die Antarktisforschung. Die BGR übernahm dabei - in Abstimmung und in Zusammenarbeit mit dem neugegründeten Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven - einen wichtigen Teil der Geoforschung als Beitrag der Bundesrepublik Deutschland zur Antarktisforschung. Voraussetzung für die Mitgliedschaft im Klub der Antarktismächte, die aufgrund des Antarktisvertrages dort das Sagen haben, waren neben der Errichtung einer Überwinterungsstation, der "Georg-von-Neumayer-Station" am Weddell-See, umfangreiche wissenschaftliche Forschungsarbeiten. Für diese Arbeiten sind seitdem im Haushalt der BGR entsprechende Mittel ausgewiesen. Genannt werden müssen die beiden EXPLORA-Fahrten der BGR in das Weddell- und das Ross-See und die GANOVEX-Expeditionen in das Nordvictoria-Land, betont werden muß die gute Kooperation mit den US-amerikanischen, den deutschen und mehreren europäischen Gruppen.

Anfang der 80er Jahre begannen die geowissenschaftlichen Großprojekte KTB und DEKORP. Wenn auch die Bundesanstalt hier keine führende Funktion übernahm, so beteiligte sie sich doch bei beiden Projekten mit eigenen Forschungsbeiträgen auf Gebieten, auf denen sie über besonde-

re Erfahrungen verfügte. In der Geophysik waren dies vor allem Studien auf dem Gebiet der Magnetik, der Elektromagnetik, der seismischen Methodenentwicklung und der Hubschrauber-geophysik. Hierzu gehören die Entwicklung eines Bohrlochmagnetometers für Umgebungstemperaturen von bis zu 300 °C und die Weiterentwicklung digitaler Filtermethoden zur Verbesserung des Nutz-Störsignal-Verhältnisses krustenseismischer Aufnahmen.

Sehr großen Umfang nahmen die Aufgaben der BGR für die Endlagerung radioaktiven Abfalls an. Was die Geophysik betrifft, so wurden neben den geothermischen Untersuchungen vor allem Beiträge geleistet zur Entwicklung elektromagnetischer Bohrlochsonden für die Erkundung des Salzgebirges von vertikalen und horizontalen Bohrungen aus, zur seismologischen Überwachung des Gorlebener Salzstocks und zur Bearbeitung geohydraulischer Fragen im Zusammenhang mit der Sicherheit der Endlagerung.

Ein anderes Großprojekt im Rahmen der Geothermik ist die Beteiligung der BGR an der internationalen sog. Hot-Dry-Rock-Forschung, d.h. der Untersuchung der Möglichkeiten einer Gewinnung elektrischer Energie durch Erzeugung von Dampf in künstlich erzeugten Spaltensystemen. Die Beiträge der BGR-Geophysik liegen vor allem auf dem Gebiet der speziellen geohydraulischen Probleme.

Umorganisation, Wiedervereinigung, Ausblick

1989 erfolgte nach längerer Diskussion eine weitere Umorganisation in der BGR. Ziel war vor allem eine gewisse Durchmischung der Geo-Disziplinen, um die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Bundesanstalt zu verstärken. Aus der Abteilung 3, "Geophysik", wurde die neue Abteilung 3, "Geologische und Geophysikalische Forschung", mit drei Unterabteilungen: Neben den beiden bisherigen Unterabteilungen, jetzt genannt "Geophysikalische Grundlagen" (Leitung: Immo Wendt, ab 1992 Burkhard Buttkus) und "Marine Geophysik, Polarforschung" (Leitung: Karl Hinz, ab 1993 Christian Reichert), erhielt sie eine geologische Unterabteilung "Geologische Grundlagen, Meeresgeologie" (Leitung: Helmut Beiersdorf). Die gesamte Meeresforschung und Polarforschung wurde so in der neuen Abteilung zusammengefaßt und enger zusammengeführt. Zu der geologischen Unterabteilung gehört außerdem die "Stratigraphie, Paläontologie". Im Gegenzug wurde die Grundwasser-geophysik und Geohydraulik einschließlich des Beitrages zur Hot-Dry-Rock-Forschung mit der Hydrogeologie der BGR in eine Unterabteilung "Grundwasser" bei der Abteilung 2 "Technische Geologie, Umweltgeologie" zusammengefaßt, und die physikalische Altersbestimmung in die Unterabteilung "Mineralogie, Lagerstättenforschung" der Abteilung 4 "Geochemie, Mineralogie, Lagerstättenforschung" umgesetzt. Im großen und ganzen kann man sagen, daß diese Durchmischung sich als fruchtbar erwiesen und die Zusammenarbeit zwischen Geologie, Geophysik und Geochemie in der BGR wesentlich gestärkt hat.

1990/91 übernahm die BGR nach der deutschen Wiedervereinigung zusätzliche Aufgaben, wozu ihr im alten Gebäude der Preußischen Geologischen Landesanstalt in der Invalidenstraße im Zentrum von Berlin (jetzt in Berlin-

Spandau) eine Außenstelle zugestanden wurde. Fachlich unterstehen die dortigen Referate bzw. Unterabteilungen den Fachabteilungen in Hannover. Außer geringer Verstärkung einiger Referate erhielt die Abteilung 3 dort nur ein zusätzliches Referat, das sich mit "Geophysikalischer Umweltforschung" beschäftigt. Dieses Referat hat wesentlich zum Erfolg eines Forschungsprojektes beigetragen, in welchem die Methodiken zur Untersuchung des Untergrundes von Deponien intensiv unter die Lupe genommen und neue geeignete Methoden entwickelt wurden. Der Erfolg beruht entscheidend auf einer guten Zusammenarbeit mit Universitätsinstituten und kleinen geophysikalischen Firmen, die die Methoden in der Zukunft bei entsprechenden Aufgaben einbringen sollen.

Im Sommer 1992 wurde Karl Hinz Nachfolger von Hans-Jürgen Dürbaum als Abteilungsleiter.

Mit der schon in den 80er Jahren einsetzenden Tendenz, Forschung im Rohstoffbereich zu reduzieren und in den Sektoren der umweltrelevanten Geowissenschaften zu intensivieren, setzte eine gewisse Verlagerung auch der geophysikalischen Forschungsarbeiten der Abteilung 3 ein. Der Anteil der Forschungsarbeiten zur Erschließung von Rohstoffvorkommen wurde reduziert zu Gunsten von Forschungsarbeiten, die zu einem besseren Verständnis des Systems Erde und zu einem verbesserten Umweltverständnis führen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen helfen, eine ökologisch verträgliche Nutzung der Georessourcen zu ermöglichen und natürlichen und durch Menschen verursachten Katastrophen vorzubeugen.

Von den in den letzten Jahren bearbeiteten bzw. in Bearbeitung befindlichen Themen sind beispielhaft zu nennen:

Methodische und instrumentelle Entwicklungen, wie z.B. die Entwicklung von Auswerteverfahren zur Umrechnung elektromagnetischer Hubschraubermeßdaten in Leitfähigkeiten und Schichtmächtigkeiten für Fragen der Grundwasserreserven und des Grundwasserschutzes; praktische Versuche, die Verfahren der Seegravimetrie zur Gravimetrie mit bewegten Landfahrzeugen und Hubschraubern zu übertragen.

Das Seismologische Zentralobservatorium Gräfenberg erhielt nach dem von der DFG stark unterstützten Aufbau des Deutschen Regionalen Seismologischen Netzes mit der Betreuung dieses Netzes und der Übernahme des zugehörigen Datenzentrums zusätzliche neue Aufgaben.

Neben Methodenentwicklungen zur Berechnung herdmechanischer Kenngrößen aus Breitbandseismogrammen und Studien über Diskontinuitäten im Erdmantel sind Forschungen über den vulkanischen Tremor mit mobilen Breitband-Seismometern zum besseren Verständnis der seismischen Ereignisse vor Vulkanausbrüchen aktuelle Forschungsthemen am SZGRF.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Lokalisierung, Identifizierung und Ladungsabschätzung von Kernwaffenexplosionen wurden intensiviert. Die BGR wird

nach Abschluß eines umfassenden Teststoppabkommens für nukleare Sprengsätze die Funktion eines Nationalen Zentrums für Daten für alle Überwachungsmethoden des "International Monitoring Systems" übernehmen.

In der geophysikalischen Meeresforschung wurden der Bau und die Strukturelemente von divergenten Kontinentalrändern und die Variabilität des ozeanischen Krustenaufbaus über weite Bereiche der Ozeane untersucht. Es konnte nachgewiesen werden, daß mehr als 60% der divergenten Kontinentalränder des Atlantiks vulkanische Kontinentalränder sind, ausgezeichnet durch voluminöse vulkanische Strukturen mit einem seewärts einfallenden Reflexionsmuster und markanten magnetischen Anomalien. Ziel dieser Untersuchungen war es auch, Zusammenhängen zwischen exzessiven vulkanisch-magmatischen Ereignissen, drastischen plattentektonischen Veränderungen und einschneidenden Klima- und Umweltänderungen in der Erdgeschichte nachzugehen. Kombinierte Land-See-Untersuchungen über rift-bezogene vulkanisch-magmatische und plattentektonische Prozesse im Verbund mit anderen nationalen Forschungseinrichtungen sollen fortgeführt werden.

Dies gilt auch für die in den letzten Jahren verstärkt betriebenen, synergistischen Off- und Onshore-Forschungen an aktiven Kontinentalrändern, durchgeführt zum besseren Verständnis der Prozesse, die an aktiven Kontinentalrändern, im Subduktionsbereich und in der seismogenetischen Zone ablaufen.

In der geowissenschaftlichen Polarforschung werden die vielfältigen und langjährig im internationalen Verbund in der Antarktis durchgeführten Forschungsarbeiten zur Entstehung und zum Zerfall des Gondwana-Kontinents rückläufig sein, um die seit 1992 begonnenen geowissenschaftlichen Arbeiten auf arktischen Landgebieten in Ergänzung zu den von der BGR-Seegeophysik seit 1993 durchgeführten Meßkampagnen im Ostsibirischen Meer und der daran angrenzenden Laptev-See zu intensivieren. Auch hier müssen auf Grund der seit einigen Jahren anhaltenden personellen Restriktionen, die eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten einschränken, Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen und Hochschulen noch weiter ausgebaut werden.

Literatur

HAHN, A. & HOMILIUS, J. (1988): 40 Jahre Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung. - Geol. Jb. Reihe A H. 109; Hannover.

HÄNEL, R. & HOMILIUS, J. (1997): Geophysik bei den Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben in Hannover. - in Neunhöfer, H., Börngen, M., Junge, A., Schweitzer, J. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland.

SEIDL, D. & AICHELE, H. (1997): Die Geschichte des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF). - in Neunhöfer, H., Börngen, M., Junge, A., Schweitzer, J. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland.

Geschichte des Institutes für Geophysik und Meteorologie der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Ludwig Engelhard

Vorwort

Bei der folgenden Darstellung konnte ich zu großen Teilen aus zwei wesentlichen Quellen schöpfen: den Geleitworten, welche die scheidenden Lehrstuhlinhaber Koppe (1963) und Kertz (1992) ihren Amtsnachfolgern in dem jeweils neu begonnenen Gästebuch des Institutes mit auf den Weg gaben. Diese beiden Gästebücher spiegeln nun auch selbst die wissenschaftliche Geschichte unseres Institutes wider, in den Themen der geophysikalischen Vorträge im Physikalischen und im Geophysikalischen Kolloquium, in den Namen der Referenten und in den Namen der Teilnehmer an den jeweiligen Post-Kolloquien. Zusammen mit den Eintragungen sonstiger Besucher lesen sich diese Gästebücher streckenweise wie ein "Gelehrtenkalender" der Geowissenschaften.

Darüber hinaus stand mir die von Walter Kertz herausgegebene Geschichte der Technischen Universität Braunschweig: Vom Collegium Carolinum zur Technischen Universität 1745 - 1995 (Verlag Georg Olms 1995), zur Verfügung.

Aus eigener Erinnerung, anfänglich aus der Perspektive eines Studenten und später aus derjenigen eines die Geschichte des Institutes Mittragenden, vermag ich seit dem 1. März 1963, dem Tag meines Eintritts in das Institut, beizutragen.

Vorgeschichte

Am 1. April 1931 wurde an der damaligen TH Braunschweig ein Lehrstuhl für "Luftfahrtmeßtechnik und Flugmeteorologie" eingerichtet, der Professor Dr. H. Koppe übertragen wurde. Vorausgegangen war zunächst die Gründung eines privaten "Braunschweiger Institutes für Luftfahrtmeßtechnik und Flugmeteorologie" durch Koppe, in enger Anbindung an die Deutsche Verkehrsfliegerschule in Braunschweig.

Prof. Dr. phil. Heinrich Koppe hatte seine wissenschaftliche Prägung als Assistent am Physikalischen Institut der Universität Halle (unter Albert Wigand) erfahren, wo er Freiballonfahrten zur Erforschung der Atmosphäre unternahm (ab 1913). Im Ersten Weltkrieg war er für den Wetterdienst tätig (Konstantinopel und Damaskus). Nach dem Kriege konnte er mit seinen gewonnenen Erfahrungen, zunächst wiederum in Halle, seine aerologischen Forschungen wieder aufnehmen. Im März 1920 wurde ihm die Leitung der physikalischen Abteilung der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Berlin-Adlershof übertragen. Koppe habilitierte sich im Mai 1925 an der damaligen TH Berlin für das Lehrgebiet "Navigation und Meteorologie für Luft- und Seefahrer". Hier tritt nun bereits der spätere Arbeitsschwerpunkt "Blindflug und Selbststeuerung von Flugzeugen" in Erscheinung, der Koppe zum 'Vater des Blindfluges' werden ließ.

Das Institut für Luftfahrtmeßtechnik und Flugmeteorologie der TH Braunschweig hatte seinen Sitz am Braunschweiger Flughafen, der damals in den dreißiger Jahren bei Waggum neu eingerichtet wurde.

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges wurde mit dem Verbot der Luftfahrt der bisherige Lehrstuhl in einen solchen für "Meßtechnik und Meteorologie" umgewandelt und nun der Naturwissenschaftlich-Philosophischen Fakultät der TH Braunschweig zugeordnet. Hieraus entstanden 1959 durch Umbenennung der Lehrstuhl für "Geophysik und Meteorologie", durch Abtrennung derjenige für "Meßtechnik", während aus den Resten des früheren Institutes in Waggum 1955 nun wieder ein "Institut für Luftfahrzeugführung" entstand, welches der Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt in Braunschweig-Waggum angegliedert wurde. Heinrich Koppe wurde am 1. April 1959 emeritiert und verstarb 1963 in Braunschweig.

Das Institut für Geophysik und Meteorologie unter dem Amte von Walter Kertz

Nach Emeritierung von Professor Koppe wird mit Wirkung vom 1. Dez. 1960 Professor Dr. Walter Kertz auf den ordentlichen Lehrstuhl für Geophysik und Meteorologie berufen und gleichzeitig zum Direktor des gleichnamigen Institutes ernannt.

Prof. em. Dr. Dr. h.c. Walter Kertz (geb. 29.2.1924 in Remscheid) ist Diplom-Mathematiker (Universität Göttingen). Er promovierte 1950 bei dem unvergessenen Julius Bartels am Institut für Geophysik der Universität Göttingen mit einem Thema aus dem Bereich der Gezeitenschwingungen der Atmosphäre (ausgezeichnet mit dem Preis des Niedersächs. Kultusministeriums für herausragende Dissertation). Seine Habilitation für das Fach Geophysik erfolgte 1958, ebenfalls an der Universität Göttingen; das Thema seiner Habilitationsarbeit "Ein neues Maß für die Feldstärke des erdmagnetischen äquatorialen Ringstroms" weist auf seine während seines ganzen akademischen Lebens andauernde Liebe zum Erdmagnetismus hin. Als er im Sommer 1960 den Ruf an die damalige TH Braunschweig erhielt, war er (seit September 1959) Visiting Associate Professor für Geophysik an der New York University.

Walter Kertz' Wirken innerhalb der TH/TU Braunschweig ebenso wie außerhalb in zahlreichen wissenschaftlichen Gesellschaften und Gremien hat dem Fach Geophysik im Kanon der anderen naturwissenschaftlichen Fächer an der TU Braunschweig hohen Rang und Wertschätzung gegeben, hat darüber hinaus dem Braunschweiger Institut Geltung in Deutschland, aber auch im Ausland gebracht. Es würde den Umfang einer solchen Darstellung gewiß sprengen, wollte man all diese Wirkungsebenen auch nur aufzählen. Da aber eine Geschichte des Institutes für Geophysik und Meteorologie an der TH/TU Braunschweig natürlich auch eine Geschichte des akademischen Werdegangs

seines Direktors, Prof. Dr. Walter Kertz, ist, sollen im folgenden knapp die allerwichtigsten Aspekte seines Wirkens dargestellt werden: Kertz wurde 1961 in die Working Group I der European Space Research Organization (ESRO) berufen, dann 1964 in das Committee on Characterization of Magnetic Disturbances in der International Association for Geomagnetism and Aeronomy. Dies, die mittleren 60er Jahre, ist auch jene Zeit, in welcher das Institut seinen Forschungsschwerpunkt auf dem Gebiet des Erdmagnetismus und der Meßtechnik zur Beobachtung des erdmagnetischen Feldes entwickelte, um hieraus dann mit dem Beginn der deutschen Weltraumforschung anerkannte Fachkompetenz auf diesen Gebieten in die Weltraumforschung - bis heute - einzubringen. Dies wird unterstrichen durch Kertz' Mitwirkung in der Deutschen Kommission für Weltraumforschung beim Bundesministerium für Forschung und Technologie von 1967 bis 1971 (und dann bis 1973 im Ad-hoc-Ausschuß für Extraterrestrische Forschung).

Kertz wurde Mitglied im

- Wissenschaftlichen Beirat des Deutschen Wetterdienstes (1961),
- Kuratorium der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1970),
- Kuratorium des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (1971),
- Kuratorium des Fraunhofer-Institutes für Radiometeorologie und Maritime Meteorologie in Hamburg (1971),
- Kuratorium des Max-Planck-Institutes für Aeronomie in Lindau/Harz (1973),
- Wissenschaftlichen Beirat des Max-Planck-Institutes für Meteorologie in Hamburg (1978),
- Kuratorium des Alfred-Wegener-Institutes für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven (1981).

Darüber hinaus ist W. Kertz Mitglied in zahlreichen wissenschaftlichen Vereinigungen; darunter finden sich

- die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG), Mitglied seit 1952, Vorsitzender von April 1963 bis September 1964, Ehrenmitglied seit 21. Februar 1984;
- das Forschungskollegium Physik des Erdkörpers (FKPE), dessen Gründungsmitglied Kertz ist und das er zweimal als Vorsitzender leitete;
- die Alfred-Wegener-Stiftung (AWS), die er mitgegründet hat und deren Präsident er von 1980 bis 1981 war.

In der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wirkte er in der Senatskommission für geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung, deren Vorsitzender er von 1969 bis 1975 war, als Mitglied des Senates (1976-1982), als Mitglied des Hauptausschusses (1977-1982), im Senatsausschuß für Angewandte Forschung (1974-1981).

Kertz wurde 1966 in die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, 1970 in die Göttinger Akademie der Wissenschaften und 1986 in die Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften berufen.

Die Deutsche Geologische Gesellschaft verlieh Walter Kertz 1987 die Hans-Stille-Medaille wegen seiner hervorragenden Erforschung der kontinentalen Kruste mittels erdmagnetischer Tiefensondierung und als einem Wegbe-

reiter interdisziplinärer Zusammenarbeit in den Geowissenschaften.

In Anerkennung seines wissenschaftlichen Lebenswerkes und seiner Verdienste um die deutschen Geowissenschaften hat der Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen Walter Kertz am 15. Okt. 1991 zum Doktor der Naturwissenschaften h.c. promoviert.

Das wissenschaftliche Œuvre, derzeit - 1995 - in etwa 70 Schriften niedergelegt, enthält vorwiegend Arbeiten aus den Bereichen: Gezeitenartige Schwingungen der Atmosphäre, Erdmagnetismus, erdmagnetische Tiefensondierung, Geothermische Energie, Salzstockdynamik und in den letzten Jahren besonders die Geschichte der Geophysik. Seine "Einführung in die Geophysik" in 2 Taschenbüchern, 1969 und 1971 entstanden, ist bis heute wohl bei nahezu jedem Studenten der Geophysik Anleitung und Hilfe.

Einen Ruf auf den Lehrstuhl für Geophysik der Universität Göttingen (1964) lehnte Kertz zugunsten seines Verbleibens in Braunschweig ab.

Aufbaujahre 1961-1967

1961 begann mit der Berufung von W. Kertz die Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Geophysik und Meteorologie unter schwierigsten räumlichen Bedingungen, zunächst in der Schleinitzstraße 25, einem zum Abbruch bestimmten Gebäude, ab 14. Sept. 1961 dann in der Pockelsstraße 11, einem Gebäude, das 1993 dem Erweiterungsbau der Universitätsbibliothek weichen mußte. Bald aber genügten auch die Räumlichkeiten in der Pockelsstraße 11 nicht mehr dem Platzbedarf des rasch wachsenden Institutes, es mußten weitere Räume in anderen Gebäuden angemietet werden. Erst durch den Umzug in das neuerrichtete Gebäude des Physikzentrums an der Mendelssohnstraße (10. Nov. 1967) wurden die Raumprobleme dauerhaft gelöst. Aber auch die personelle Ausstattung des Institutes war in jenen Jahren nach heutigen Maßstäben eher dürftig: die Institutssekretärin Frau D. Schüller (bis 31.12.1985) und der Assistent Dr. U. Amelung (später Professor an der Hochschule Lüneburg), beide aus dem Koppeschen Institut übernommen, bildeten zusammen mit H. Siemann (später Dr. H. Siemann, Dornier-System GmbH, Friedrichshafen) als neueingestellten wissenschaftlichen Mitarbeiter (aus Mitteln des damaligen Atomministeriums), einer physikalisch-technischen Angestellten und W. Kertz das Institut. Zunächst schien die Vertretung der Geophysik in der Lehre, die es zuvor ja noch nicht in Braunschweig gegeben hatte, besonders vordringlich. Dabei muß darauf hingewiesen werden, daß in Braunschweig - bis heute - die Geophysik keinem eigenen Studiengang folgt, sondern in den Diplomstudiengang Physik als Fach der Angewandten Physik eingebettet ist. So entstanden in jenen Anfangsjahren die Vorlesungen über Einführung in die Geophysik, Physik der hohen Atmosphäre, Erdbebenkunde, Potentialtheorie in der Geophysik, Statistik geophysikalischer Beobachtungsreihen, Meteorologie I und II. Dr. Leo Schulz, Leiter der Wetterwarte in Braunlage, behielt (bis 1963) den schon unter Koppe erteilten Lehrauftrag für Angewandte Meteorologie und las Biometeorologie und -klimatologie. Ein geophysikalisches Praktikum wurde

schrittweise aufgebaut. Dr. Amelung folgte Ende 1961 einer Einladung zu einem Studienaufenthalt am Department of Meteorology and Oceanography der New York University. Während dieser 4 Monate wurde er von Dipl.-Phys. N. Petersen aus München (heute Professor an der Universität München) vertreten. Nach Weggang von Dr. Amelung folgte Dr. J. Untiedt zum 1. Okt. 1963 auf die freigewordene Oberassistentenstelle. Er habilitierte sich im Februar 1968 in Braunschweig und folgte 1969 einem Ruf auf eine Professur in Göttingen, von wo er kurz danach auf den Lehrstuhl für Geophysik in Münster berufen wurde. Im Juli 1963 erhielt Dr. H. Flathe von der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover (jetzt Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) einen Lehrauftrag über Angewandte Geoelektrik. Er habilitierte sich im Juni 1964, wurde 1970 apl. Professor und las bis zum Wintersemester 1980/81 die Vorlesungen über Angewandte Geophysik (er verstarb 1984).

Mit den Anfängen des Institutes begann Kertz, der damals vom Senat der Technischen Hochschule Braunschweig zum "Generalbevollmächtigten der TH für Atomfragen" bestellt worden war, mit dem Aufbau einer Arbeitsgruppe über Luftradioaktivität und deren meteorologischen Aspekten. Dr. Siemann baute eine Luftüberwachungsanlage nach dem Filterpapierverfahren. Es gab aber Schwierigkeiten, weil die Luftüberwachung durch Gesetz Aufgabe des Wetterdienstes geworden war. Um in den Genuß von Fördermitteln aus dem damaligen Atomforschungsprogramm zu gelangen, mußten die Arbeiten als Sonderaufgaben definiert werden. Deshalb wurde ein vollständiges Forschungsprogramm entwickelt: bodennahe Emanation, Aerosolseparator, Polarisation des Himmelslichtes, Korrelation der Luftradioaktivität mit meteorologischen Parametern, insbesondere Wind. Näheres findet man bei: K. Trippler, Arbeitsgruppe "Natürliche Radioaktivität", Schlußbericht GAMMA 12, 1970.

Bald entstanden auch Arbeitsgruppen zu den engeren Arbeitsgebieten von Walter Kertz, nämlich zur erdmagnetischen Tiefensondierung und zur extraterrestrischen Physik.

Die Arbeiten zur erdmagnetischen Tiefensondierung (heute spricht man lieber von elektromagnetischer Tiefenforschung) begannen mit dem 1. Kolloquium in Kassel (1.-3. Feb. 1962), zu dem die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) auf Kertz' Veranlassung eingeladen hatte. Von da ab fungierte das Braunschweiger Institut als Zentrale für diesen Forschungsbereich (unter H.-G. Scheube, der später Professor in Gelsenkirchen wurde), beauftragt insbesondere mit der Herausgabe der Kolloquiumsberichte und dem Aufbau einer fachspezifischen Sonderdrucksammlung. Die nächsten "Tiefensondierungs-Kolloquien" fanden in Salzgitter-Lebenstedt (Oktober 1963) und Goslar (September/Oktober 1965) statt. Ende 1963 erhielt das Institut zwei Askania-Variographen (als Leihgabe der DFG) und konnte nun mit eigenen Messungen beginnen (D. Hesse, Profil Teutoburger Wald).

Jene 60er Jahre, die Aufbaujahre des Institutes, waren gleichzeitig außerordentlich forschungsfreundliche Jahre. "Atomforschung" und Flugzeugbau ("Flugführung" s.o.), zum Beispiel, durften wieder betrieben werden - und hatten

erheblichen Rückstand nachzuholen, wurden daher besonders gefördert (s.o.). Der 'Sputnikschock' (jenes lähmende Entsetzen der Überraschung, als die Sowjetunion 1957 einen ersten Erdsatelliten, Sputnik I, auf eine Umlaufbahn schob, der Westen hingegen nicht auch nur annähernd gleichziehen konnte) wirkte nicht nur in den USA, sondern auch, etwas verspätet, in Deutschland. 1960 erschien der 1. Band der "Empfehlungen des Wissenschaftsrates zum Ausbau der wissenschaftlichen Einrichtungen", 1961 das Memorandum zur Lage der Weltraumforschung (Gambke, Kerscher, Kertz) und in der Folge die anderen DFG-Denkschriften "Meteorologie" und "Physik des Erdkörpers". Durch letztere wurde die Gründung des "Forschungskollegiums Physik des Erdkörpers" (FKPE) ausgelöst.

Anfänge der extraterrestrischen Forschungen 1967-1974

Etwa 1963 begannen im Institut verschiedene Arbeiten zur Meßtechnik schwacher Magnetfelder mit dem Ziele, später Magnetfeldsensoren für Anwendungen in der Weltraumforschung zu entwickeln. Es ging zunächst darum, die Meßprinzipien des Protonen-Magnetometers, des Rubidiumdampf-Magnetometers (allgemeiner: optisch gepumpte Gase) und der Förstersonde (Saturationskern-Magnetometer) kennenzulernen und Erfahrungen bei der Messung des Erdmagnetfeldes zu sammeln.

Gleichzeitig (1963) wurden auch erste Überlegungen zur Errichtung eines magnetischen Laboratoriums, welches möglichst frei von magnetischen Störungen technischer Ursachen sein sollte, angestellt. Schließlich wurde auf dem Gelände der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) am Stadtrand von Braunschweig die Einrichtung "Magnetsrode" begründet, die heute aus 4 Meß- bzw. Laboratoriumshütten besteht. Wesentlichstes Element von Magnetsrode ist ein Braunbek-Spulensystem mit der Möglichkeit, das Erdmagnetfeld einschließlich seiner Variationen zu kompensieren und damit Magnetfeldsimulationen für die äußere Magnetosphäre oder den solaren Wind durchzuführen.

Erste Plattform der deutschen Weltraumforschung sollte ein magnetisch stabilisierter Erdsatellit sein, der anfangs unter dem Namen 625a lief, später vom damaligen Forschungsminister Stoltenberg AZUR genannt wurde. AZUR startete am 8. Nov. 1969; er war mit einem Saturationskern-Magnetometer ausgerüstet, welches das Braunschweiger Institut (Dr. G. Musmann) in Zusammenarbeit mit der Industrie entwickelt hatte. Die Datenauswertung wurde von B. Theile seit 1968 vorbereitet und unter seiner Anleitung später durchgeführt. Theile hat danach Boden- und Raketennmessungen zum PEJ (s.u.) in Nord-Skandinavien geleitet. Dr. B. Theile verließ unser Institut 1981 und ging zu Dornier-System in Friedrichshafen.

Ein umfangreiches wissenschaftliches Programm verfolgte das Institut zur Erforschung des äquatorialen Elektrojet (EEJ). J. Untiedt hatte in seiner Habilitationsschrift ein quantitatives, experimentell überprüfbares theoretisches Modell geliefert. D. Hesse unternahm dazu 1969 bis 1970 erdmagnetische Bodenmessungen auf einem, den geoma-

gnetischen Äquator querenden Profil in Brasilien, während von Natal (Brasilien) aus mit Raketen die magnetische Struktur des EEJ erkundet wurde (G. Musmann, E. Seiler).

Ähnlich war das Forschungsprogramm zur Erkundung des polaren Elektrojet (PEJ) aufgebaut, nämlich mit Bodenregistrierungen und Raketenerkundungen (1968 in Kiruna). Dieses Forschungsthema hat sich bis heute erhalten, zunächst bis in die späten 80er Jahre durch ein Profil bzw. Kreuz automatisch arbeitender, digital registrierender, selbstentwickelter (Saturations-Ringkern-) Magnetometer. Heute wird die Forschung zum polaren Elektrojet allgemeiner gesehen, breiter theoretisch untermauert und auf Meßergebnisse von Erdsatelliten gestützt. Hermann Lührs Name ist mit dieser Arbeitsgruppe eng verbunden.

Priv.-Doz. Dr. Hermann Lühr erwarb 1973 sein Diplom in Physik an diesem Institut mit einer Arbeit zur Geräteentwicklung in der Magnetotellurik, er promovierte 1980 an der TU Braunschweig über die Entwicklung eines digital registrierenden Saturationskernmagnetometers, übernahm die Arbeitsgruppe PEJ, entwickelte die Zusammenarbeit mit dem Ionosphärenradar (EISCAT) in Skandinavien und befaßte sich mit den ionosphärisch-magnetosphärischen Kopplungsprozessen, welche das polare Substormphänomen steuern. Mit Satellitendaten (AMPTE-IRM) untersuchte er die physikalischen Erscheinungen an magnetosphärischen Grenzschichten. Er habilitierte sich 1990 mit einer Arbeit über das Verhalten von künstlich erzeugten "magnetischen Hohlräumen" in der Magnetosphäre. Diese extraterrestrischen Forschungen werden seitdem in seiner Arbeitsgruppe intensiv weitergeführt.

Neben den Anfängen der meßtechnischen Entwicklungen für die extraterrestrische Forschung begann parallel dazu die Heranbildung jüngerer Mitarbeiter auf dem Gebiet der theoretischen Durchdringung der extraterrestrischen Physik (Ionosphäre, Magnetosphäre, Solarer Wind) insbesondere in Hinblick auf magnetische Phänomene. Neben der Vorlesung von Prof. Kertz über Physik der hohen Atmosphäre, Ionosphäre, Magnetosphäre wurde Dr. Georg Pfozner, Direktor am Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau/Harz am 2. Feb. 1967 zum Honorarprofessor an die TH Braunschweig berufen. Bis zu seiner Emeritierung im SS 1976 hielt er regelmäßig Vorlesungen und förderte natürlich auch die Zusammenarbeit mit dem Lindauer Institut, das später auch Arbeitsplatz für einige unserer Studenten wurde. Pfozner verstarb 1981. Daneben begann Fritz Manfred Neubauer durch seine Arbeiten den theoretischen Aspekt unserer extraterrestrischen Forschungen zu stützen und zunehmend zu lenken.

Prof. Dr. F.M. Neubauer erwarb 1964 sein Diplom in Physik an der TH Braunschweig mit einer theoretischen Arbeit zur Konvektion in der Atmosphäre des Planeten Mars. Er ging dann für die Dauer eines Jahres an die Universität von Chicago; ihm folgte später N. Sckopke, der heute am Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik in München-Garching tätig ist. Neubauer wurde, aus meiner Sicht als Kommilitone und Kollege, außerordentlich stark durch diesen Aufenthalt hinsichtlich Arbeitsrichtung und Arbeitsstil geprägt. Er promovierte am 14. Feb. 1969, übrigens am gleichen Tage wie ich selbst, über ein plasmatheo-

retisches Thema, welches seine Anwendung auf das anisotrope Plasma des solaren Windes hatte. Er habilitierte sich am 16. Okt. 1973 mit einer Arbeit über Tangentialdiskontinuitäten im interplanetaren Plasma, wurde 1976 apl. Professor und folgte 1982 einem Ruf auf den Lehrstuhl für Geophysik an der Universität Köln.

Es wurden in jenen späten 60er Jahren und den frühen 70er Jahren aber auch Arbeiten, die nicht zur extraterrestrischen Physik gehörten, begonnen, so die Geodynamik, besonders am Beispiel der Salzstockdynamik. In dieser Arbeitsgruppe wirkte auch Herr Christensen mit.

Prof. Dr. U. Christensen (geb. Kopitzke), der 1977 in Braunschweig sein Diplom in Physik erwarb, 1980 mit einem Thema zur Konvektion im Erdmantel an der TU Braunschweig promovierte, ging dann an die Universität Mainz, wo er sich habilitierte. Er ist heute der Lehrstuhlinhaber für Geophysik an der Universität Göttingen.

L. Engelhard und J. Hansel führten geoelektrische Sondierungen im Nördlinger Ries durch, wobei die Verteilung der Seesedimente und der Trümmermassen erstmals in wahren Tiefen aufgeschlossen werden konnte.

Sicherlich angestoßen durch die damalige Energie- und Ölkrise erwachte das Interesse an geothermischer Energie: Die Exploration geothermisch anomaler Gebiete mittels elektromagnetischer Erkundung stand zunächst im Vordergrund, später (1978/79) wurde (unter L. Engelhard) im Rahmen einer technischen Durchführbarkeitsstudie auch die Frage des Erdbebenrisikos und der Bodensenkungen bei Entnahme geothermischer Energie aus dem Untergrund untersucht.

Dr. Klaus Helbig, damals Leiter der Geophysikalischen Abteilung des Hauptlaboratoriums der deutschen Texaco AG in Wietze, habilitierte sich am 15. Dez. 1971 von München nach Braunschweig um, wurde 1972 zum apl. Professor ernannt und folgte 1975 einem Ruf an die Universität Utrecht.

Die TH Braunschweig wird 1968 Technische Universität.

Die Jahre 1974 - 1982: HELIOS A und B

Am 10. Dez. 1974 wurde HELIOS A und am 15. Jan. 1976 HELIOS B gestartet. Beide Raumsonden flogen auf elliptischen Bahnen um die Sonne, wobei sich die Sonden im sonnennächsten Punkt bis auf 0,3 AU der Sonne näherten. Für einen Umlauf brauchten die Satelliten ungefähr ein halbes Jahr. Da dann die Erde in entgegengesetzter Richtung zur Sonne stand, kamen die Sonden erst nach 2 Umläufen wieder in die Nähe der Erde. Jede Sonde trug 2 verschiedene im Institut entwickelte Magnetometer, das eine (E2) herkömmlicher Bauart, das andere (E4) zur Messung schneller Variationen, wie sie in Stoßwellen und Instabilitäten vorkommen. Geistiger Vater der Braunschweiger Experimente war F.M. Neubauer (principal investigator), während G. Musmann die experimentell-apparative Geräteentwicklung und die technischen Tests bis zum Start betreute.

Dr. Günter Musmann, jetzt Akademischer Direktor an unserem Institut, erwarb 1964 sein Diplom in Physik an

der TH Braunschweig mit einer Arbeit über die Entwicklung einer geoelektrischen Meßapparatur, 1968 promovierte er über ein Thema zur Magnetfeldmessung mit Saturationskern-Magnetometern in Raketen und Erdsatelliten. Er war an beinahe allen Weltraumexperimenten des Institutes beteiligt, hat sich in zahlreichen europäischen und internationalen (USA, Rußland) Weltraummissionen mit Instrumenten beteiligt, steht jetzt u.a. in den Vorbereitungen zur Mars-Mission, zur Saturn-Mission (CASSINI) und zu ROSETTA (Erkundung und Landung auf einem Kometen). Musmann hat sich in Deutschland und international einen hochrangigen Ruf erworben. Er hat aber auch die magnetotellurischen Messungen zur Geothermik (Eifel, Phlegräische Felder, Milos, Toskana) betreut und am kontinentalen Tiefbohrprojekt (KTB) die Entwicklung einer Magnetfeld-Bohrlochsonde eingeleitet.

Die Zeit der HELIOS-Entwicklung, -Vorbereitung und schließlich -Datenauswertung war für das Institut ein großer Entwicklungsschritt. Nicht nur konnte sich das Institut durch eine Reihe von Stellen personell vergrößern, vielmehr noch schlug die Ausstattung mit einem modernen Rechnersystem (HP 3000) zur Vorbereitung der späteren Datenanalyse zu Buche, die fast alle unsere damaligen Absolventen mit einem hohen Erfahrungsschatz an elektronischer Datenverarbeitung ausstattete und ihnen auf Grund dieser Kenntnisse zu jener Zeit reiche Möglichkeiten zum Berufsbeginn auch in fachfremden Industrie-Bereichen eröffnete.

Prof. Dr. H.-P. Harjes von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover, 1971 an der TU Braunschweig promoviert (Seismische Wellen in inhomogenen Medien), erhielt 1974 einen Lehrauftrag über Array-Seismologie. Er habilitierte sich ebenfalls in Braunschweig mit "Spektralanalytische Interpretation seismischer Aufzeichnungen" (1979), folgte dann bereits 1980 einem Ruf auf den Lehrstuhl für Geophysik der Ruhr-Universität Bochum.

Vom 29.3. bis 1.4.1977 richtete das Institut die gemeinsame Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) und der Arbeitsgemeinschaft Extraterrestrische Physik (AEP) in Braunschweig aus.

Die Jahre von 1982 bis zur Emeritierung von Walter Kertz (1990)

In den 80er Jahren trat im Institut eine neue Arbeitsrichtung, die Seismik, unter L. Engelhard, in Forschung und Lehre hervor. Er baute u.a. einen Vorlesungszyklus über Allgemeine und Angewandte Geophysik für Geologen auf und widmete sich überhaupt der interdisziplinären Zusammenarbeit mit den Kollegen von der Geologie.

Prof. Dr. L. Engelhard hatte sein Diplom in Physik an der TH Braunschweig 1966 über Messungen an einem Rubidiumdampf-Magnetometer erworben. Er promovierte 1969 mit einer theoretischen Arbeit zur Vektormessung des Magnetfeldes mit optisch gepumpten Gasen (Messung der Magnetfeldkomponenten). Nach seiner Promotion wandte er sich verschiedenen Fragestellungen in der Geophysik zu, u.a. geoelektrischen Messungen im Nördlinger Ries (s.o.) und der Frage von geophysikalischen Auswirkungen bei

der Nutzung geothermischer Energie (Erdbebenrisiko, Bodenabsenkung, seismische Rißfortung), s.o. Angeregt durch die Frage nach der Exploration auf geothermische Anomalien begann er mit Untersuchungen zum Nachweis der Absorption seismischer Wellen, die ihn ab 1976 in eine engere Zusammenarbeit mit der Preussag AG in Hannover und deren Leiter der geophysikalischen Abteilung, Prof. Dr. G. Dohr, brachte. Engelhard habilitierte sich 1979 in Braunschweig mit einer Arbeit über die Absorption seismischer Wellen, wurde 1984 zum apl. Professor ernannt, lehnte 1993 einen Ruf auf den Lehrstuhl für Geophysik an der TU Bergakademie Freiberg ab. 1979 erfolgte die Auszeichnung durch einen Preis der Olbers-Gesellschaft Bremen. Er ist derzeit Hochschuldozent an der TU Braunschweig.

Seit 1980 arbeitete Engelhard mit seinen Mitarbeitern, neben kleineren Industrieaufträgen, bei einer Reihe von großen Gemeinschaftsprojekten mit, bei denen sich bis jetzt unter dem organisatorischen Dache der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle (DGMK) in Hamburg mehrere Universitätsinstitute und Industriefirmen zusammenfinden. In diesem Rahmen wurden in Braunschweig Fragestellungen zur Absorption seismischer Wellen, zur Lithologieerkundung mittels P- und S-Wellen, zur Polarisation von seismischen Transversalwellen, zur Ausbreitung von dispergierten, geführten Grenzflächenwellen in Bohrlöchern und zur Modellierung der Mikrophysik von Gesteinen bearbeitet.

Auf die durch die Wegberufung F.M. Neubauers freigewordene C3-Stelle wurde im August 1984 P. Weidelt nach Braunschweig berufen.

Prof. Dr. Peter Weidelt hatte in Göttingen Physik/Geophysik studiert, dort sein Diplom mit einer Arbeit zur oberflächennahen Deutung der norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie abgelegt (1966). Er promovierte 1970 in Göttingen über das Umkehrproblem in der erdmagnetischen Tiefensondierung. Weidelt habilitierte sich in Göttingen 1978 mit einer Arbeit über die norddeutsche Leitfähigkeitsanomalie. Anschließend war er bis 1984 an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover, wo er an Verfahren der transienten elektromagnetischen Methode zur Anwendung auf die Erzexploration arbeitete. Die Schwerpunkte seiner Lehr- und Forschertätigkeit sind die elektromagnetischen Explorationsverfahren, die Theorie der Interpretation geophysikalischer Daten, insbesondere die Inversionstheorie. Er interessiert sich allgemein für Probleme der Theoretischen Geophysik. Die Themenbereiche, die P. Weidelt von seinen Mitarbeitern im Rahmen von Diplom- und Doktorarbeiten bearbeiten läßt, sind breit gefächert, wenn auch - natürlich - die Elektromagnetische Tiefenforschung einen gewissen Schwerpunkt bildet. Aber auch die Archäometrie (geoelektrisch und magnetisch) und die elektromagnetische Erkundung von Deponien (Kartierung) gehören zu Weidelts Forschungsthemen.

Durch die Berufung von zwei Honorarprofessoren gewann das Institut zusätzliche Kapazitäten in Forschung und Lehre, und sie eröffnete gute und nützliche Kooperationsmöglichkeiten zur Max-Planck-Gesellschaft und zur Preussag.

Auf unseren Antrag hin berief der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kunst am 19. Aug. 1987 Herrn Dr. Gerhard Haerendel, Mitglied der MPG und Direktor des MPI für Extraterrestrische Physik in Garching bei München zum Honorarprofessor für Extraterrestrische Physik und am 23. Jan. 1990 Herrn Dr. Jürgen Fertig, Leiter der Abteilung Geophysik der Preussag AG Erdöl und Erdgas GmbH, Hannover, zum Honorarprofessor für Angewandte Geophysik. Fertig hat heute den Lehrstuhl für Angewandte Geophysik an der TU Clausthal inne.

Dr. Jürgen von Hoyningen-Huene, Leiter der Zentralen Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Braunschweig des Deutschen Wetterdienstes, erhielt am 24. März 1982 einen Lehrauftrag für Meteorologie. Hörer waren zumeist Geographiestudenten, welche sich in der Vordiplom- und auch in der Hauptdiplomprüfung in Meteorologie prüfen lassen konnten. Leider mußte Herr von Huene aus gesundheitlichen Gründen am 29. Aug. 1988 aus dem Wetterdienst ausscheiden und konnte auch den Lehrauftrag nicht mehr wahrnehmen. Er verstarb 1992 in Braunschweig.

Es scheint kaum möglich, alle Forschungsvorhaben im Bereich der Weltraumforschung, an denen unser Institut beteiligt war, aufzuführen oder gar beschreibend zu würdigen. Daher muß die Aufzählung der wichtigsten genügen: Projekt AMPTE (künstliche Ionenwolken in und am Rande der Magnetosphäre, 1984-1986, H. Lühr), GIOTTO (Vorbeiflug am Kometen Halley im März 1986: G. Musmann, Vorbeiflug am Kometen Grigg-Skjellerup 1992: K.-H. Glaßmeier und G. Musmann), CRAF/CASSINI (Beteiligung an US-Mission zum Planeten Saturn, seit 1989, G. Musmann), CLUSTER-Projekt (4 gleichartige Erdsatelliten zur Trennung der räumlichen von den zeitlichen Magnetfeldvariationen, seit 1985, Start vorgesehen 1996, K.-H. Glaßmeier und G. Musmann).

Die seit mehreren Jahrzehnten angesammelte Erfahrung im Bau stabiler und empfindlicher (Saturations-Ringkern-) Magnetometer bewährte sich auch bei der Entwicklung einer Magnetometersonde für Bohrlochmessungen in der Kontinentalen Tiefbohrung (KTB) (seit 1983, Vorbohrung, Hauptbohrung 1994/95, G. Musmann, F. Kuhnke, F. Fieberg).

Die politische Wende 1989/90 in der damaligen DDR und die anschließende Wiedervereinigung Deutschlands ist im Braunschweiger Geophysik-Institut aus mancherlei Gründen vielleicht nachhaltiger erlebt worden als woanders. Dies lag sicherlich einmal daran, daß Braunschweig in der früheren Bundesrepublik Deutschland selbst eine Randlage einnahm. Die großen Verkehrsströme gingen an Braunschweig vorbei, das traditionelle östliche Hinterland mit Magdeburg und Halberstadt war abgeschnitten. In Braunschweig erlebte man bewußter als anderswo die deutsche Teilung und die Nähe zur Grenze. Zum anderen aber hatte W. Kertz (wie zuvor schon U. Amelung) den Faden zu Kollegen und Freunden in der DDR, nach Potsdam, Niemeck und Leipzig, nie ganz abreißen lassen. Nun, im Spätsommer und Herbst 1989, erhielten wir - schon vor dem Fall der Mauer - Besuch von Kollegen, insbesondere aus Leipzig, und es wurden erste Pläne für einen zukünftigen engeren Austausch geschmiedet. W. Kertz reiste zum

Ehrenkolloquium für Prof. Lauterbach anlässlich dessen 75sten Geburtstages am 27. Feb. 1990 mit einer Laudatio auf Lauterbach nach Leipzig. Anfang Mai 1990 fuhr L. Engelhard für mehrere Tage nach Leipzig, hielt dort einen Übersichtsvortrag über die Arbeiten zur Absorption seismischer Wellen, die in Westdeutschland in den 80er Jahren durchgeführt worden waren, und erfuhr von den in Leipzig gemachten Arbeiten zu diesem Thema. Hier wurde vereinbart, daß Dr. Danckwardt im Wintersemester 1990/91 in Braunschweig hospitiere würde, hier wurde auch das gemeinsame Kolloquium (Universität Leipzig und TU Braunschweig) über "Seismische Substanzaussage" geplant, welches dann im November 1990 (21.-24.) in Schöna bei Leipzig stattfand und dem gegenseitigen Kennenlernen der Wissenschaftler aus beiden Teilen Deutschlands, welche sich mit Fragen der Lithologieerkennung durch seismische Merkmale widmen, dienen sollte. Mit Schöna wurde eine Tradition von Kolloquien aus dem Bereich der Seismik begonnen, die - bis heute - gemeinsam vom Institut für Geophysik der Universität Leipzig und unserem Institut getragen werden.

Prof. Walter Kertz wurde zum 1. Okt. 1990 emeritiert. Aus diesem Anlaß wurde am 20. Okt. 1990 ein großes Institutsfest veranstaltet, zu welchem viele ehemalige Absolventen unseres Institutes gekommen waren. W. Kertz hat dann bis zum Amtsantritt von K.-H. Glaßmeier die Lehrstuhlvertretung wahrgenommen.

Das Institut seit der Berufung von K.-H. Glaßmeier

Als Nachfolger von Walter Kertz wurde Dr. K.-H. Glaßmeier berufen. Am 14. Feb. 1992 wurde er dann zum Universitäts-Professor an der TU Braunschweig ernannt, nachdem er bereits vom 1. Nov. 1991 an einen Vertretungsauftrag für den Lehrstuhl wahrgenommen hatte.

Prof. Dr. Karl-Heinz Glaßmeier hat an der Universität Münster Physik (mit Schwerpunkt Geophysik) studiert und seine Diplomarbeit bei J. Untiedt (s.o.) über Riesenpulsationen angefertigt. 1985 promovierte Glaßmeier, ebenfalls bei Untiedt, mit theoretischen Untersuchungen und der Analyse von Beobachtungsdaten (Pulsationen) zur Ausbreitung von sehr langwelligen Plasmawellen in der Ionosphäre. Im Oktober 1985 wechselte Glaßmeier zu F.M. Neubauer (s.o.) an die Universität Köln, wo er sich 1989 für Geophysik habilitierte (Thema der Habilitationsschrift: Magneto-hydrodynamische Wellen in Magnetosphären des Planetensystems). Seit 1985 wirkt Glaßmeier beim GIOTTO Magnetometer Experiment (s.o.) mit (seit 1990 Co-investigator), und spätestens seit dieser Zeit bestanden engere kollegiale Verbindungen seinerseits zu unserem Institut. So ist er u.a. auch bei dem Projekt CLUSTER (seit 1988) und CASSINI (seit 1990) beteiligt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) bewilligte Herrn Glaßmeier 1990 ein Heisenberg-Stipendium. Im gleichen Jahre wurde er vom Committee for Space Research (COSPAR) mit der Ya. B. Zeldovich-Medaille geehrt. Sein wissenschaftliches Œuvre umfaßt derzeit (Sommer 1995) fast 100 Schriften aus den Bereichen Erdmagnetismus, Magnetosphärenphysik, Physik der Kometen, Datenanalyseverfahren.

Prof. Dr. K.-H. Glaßmeier hat sich durch seine Vorlesungen rasch das große Interesse zahlreicher junger Studenten erworben, so daß er in kurzer Zeit eine ansehnliche Arbeitsgruppe aufbauen konnte. Gleichmaßen hat er sich durch seine Fähigkeit zu zielstrebigem Denken und strukturellogischem Argumentieren ebenso rasch das hohe Ansehen der Kollegen und insbesondere der Universitätsleitung erworben; er wird deshalb stark zur Arbeit in verschiedensten Funktionen der akademischen Selbstverwaltung hinzugezogen.

Am 1. Jan. 1992 kam Dr. rer. nat. habil. U. Motschmann zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter, dann ab 1. Okt. 1993 als Heisenberg-Stipendiat, zu uns. Motschmann war zuvor Mitarbeiter im Institut für Kosmosforschung der Akademie der Wissenschaften der DDR gewesen, hatte dort in der Abteilung für Plasmaphysik gearbeitet. Er ist nun bei uns der Fachkollege für kosmische Plasmaphysik bis hin zur Physik des interplanetaren Staubes. Er bereitet (zusammen mit K.-H. Glaßmeier und G. Musmann) die ROSETTA-Mission vor, ein Unternehmen, welches Fly-by und Landung auf einem Kometen zum Ziele hat.

Herr Dr. rer. nat. habil. A. Weller ist seit dem 1. Sep. 1992 als Heisenberg-Stipendiat Gast an unserem Institut. Weller hat seine akademische Prägung an der Bergakademie Freiberg (Sachsen) erfahren, war seit 1985 Mitarbeiter im VEB Geophysik, seit 1990 Geophysik GmbH, in Leipzig, bevor er dann zu uns kam. Sein wissenschaftliches Interesse liegt auf dem Gebiet der Potentialmethoden, insbesondere der elektromagnetischen Verfahren.

Die von P. Weidelt begonnene Geoarchäologie mit magnetischen und geoelektrischen Kartierungen in einem römischen Siedlungsgelände in Lattes (Südfrankreich), vgl. auch GAMMA 49, 1989, fand mit einer zweiten Exkursion nach Lattes 1991 und 1992 ihre Fortsetzung (GAMMA 53, 1995). Daran schlossen sich 1994 und 1995 Exkursionen nach Pylos (Griechenland), insbesondere zum Palast des Nestor an (F. Kühnke, F. Fieberg).

In der Weltraumforschung stehen - neben Fortführung von CLUSTER, CASSINI und ROSETTA (s.o.) - die Projekte TETHER (Sekundärsatellit angeleint, d.h. tethered, an einem Primärsatelliten), FREJA (Satellit in schwedisch-deutscher Zusammenarbeit zur Erforschung des Übergangs von der Ionosphäre zur Magnetosphäre, Start war 1992, Lühr, Glaßmeier) und die Mitarbeit beim russischen MARS-Landungsprojekt (Magnetometer Eigenentwicklung) auf dem Programm (Musmann, Kühnke). OERSTED (Lühr, Musmann, Glaßmeier), mit Start vorgesehen 1997, soll das Erdmagnetfeld absolut mit einer Auflösung von etwa 1 nT global vermessen (Fortführung von MAGSAT 1980).

Die Entwicklung von Saturations-Ringkern-Magnetometern wurde bis heute stetig weitergeführt. Gleichzeitig aber beginnen an unserem Institut nun, mit dem Aufkommen von Hochtemperatur-Supraleitern, erste tastende Versuche zur Verwendung von SQUID-Magnetometern für geophysikalische Anwendung.

Der Schwerpunkt der Arbeiten auf dem Gebiet der Seismik (Arbeitsgruppe um L. Engelhard) liegt auf der Erarbeitung von Lithologiemerkmalen aus kombinierter Auswertung von P- und S-Wellen (Gemeinschaftsprojekt LITASEIS) insbesondere durch unsere chinesische Gastwissenschaftlerin Frau Dr. Hui Fricke, geb. Ding (seit 1. März 1992 in Braunschweig). Sie hat mit der von ihr an der Bergakademie Freiberg 1991 vorgelegten Dissertation über die Verwendung der Minimum-Entropie-Dekonvolution zur Bestimmung der Absorption seismischer Wellen einen gut greifenden Ansatz zur Gewinnung lithologischer Eigenschaften aus Seismogrammen aufgezeigt. In LITASEIS wird darüber hinaus an einer gesteinsphysikalischen Modellierung von geführten Bohrlochwellen gearbeitet, mit dem Versuch, durch Vergleich ('matching') mit den seismischen Bohrlochmessungen die Lithologieparameter zu ermitteln (R. Ernst, H. Schütt).

Seit dem Wintersemester 1993/94 nimmt Dr. W. Kessels vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover einen Lehrauftrag über Bohrlochgeophysik wahr. Kessels hatte 1978 sein Diplom in Physik (Geophysik) an der TU Braunschweig erworben; er promovierte 1980, ebenfalls in Braunschweig, mit einer Dissertation über die Bestimmung des Temperaturgradienten und des Wärmeflusses aus Flachbohrungen.

Ab Wintersemester 1995/96 konnte Frau Dr. I. Mann vom Max-Planck-Institut für Aeronomie in Katlenburg-Lindau (Harz) für einen Lehrauftrag über kosmischen Staub an der TU Braunschweig gewonnen werden. Frau Dr. Mann hat 1987 ihr Diplom in Physik an der Ruhr-Universität Bochum erworben. Dort hat sie 1990 mit einer Dissertation über die Strahlung der Fraunhoferkorona auch promoviert.

Derzeit (1995) bewegen uns die einschneidenden, der TU Braunschweig auferlegten Einsparungsmaßnahmen, die unsere Nachbardisziplin, die Geologie, in die Gefahr der Schließung gebracht haben. Überall sind Sparzwänge auferlegt, auch das Institut hat in den vergangenen Jahren Planstellen abgeben müssen. Der Studiengang Physik, in den die Geophysik in Braunschweig eingebunden ist, muß - ebenfalls aus politischen Vorgaben heraus - verkürzt und 'entfrachtet' werden. Dabei wird insbesondere die Dauer für eine Diplomarbeit von bisher 2 Semestern (plus 1 Semester Diplompraktikum) auf nunmehr 9 Monate (plus 3 Monate Einarbeitungszeit) reduziert. So macht uns nun Sorge, ob ein zukünftiges Studium noch jenem Ideal echten Studierens, des zweckfreien Sich-Vertiefens in ein Fachgebiet, gleichkommt oder ob in Zukunft Studieren eher zu einer zielgerichteten Berufsausbildung wird. Dies aber wird sicherlich ganz wesentlich auch vom Idealismus und von der Einsatzfreude unserer zukünftigen jungen Kommilitonen abhängen. Möge ihnen auch zukünftig eine wissenschaftsfreundliche und forschungsaffine Zeitstimmung die Freude am Studieren bewahren!

Aufgezeichnet im August 1995

Geschichte des Instituts für Geophysik der TU Clausthal

Jürgen Fertig

Zu Anfang der zwanziger Jahre war weltweit eine rasche Entwicklung geophysikalischer Aufschlußmethoden für die Aufsuchung nutzbarer Lagerstätten feststellbar; entsprechende Industriefirmen wurden gegründet, u.a. "ERDA Göttingen", "Piepmeyer Kassel", "Seismos Hannover". Auf diese Entwicklung reagierte die Bergakademie Clausthal, indem sie die Vermittlung der geophysikalischen Aufschlußmethoden in ihren Lehrplan aufnahm: so wurde 1927 die "Geophysikalische Abteilung" des Physikalischen Instituts eingerichtet, die dann als solche bis 1953 bestand.

Dr. Martin Rössiger, Assistent am Physikalischen Institut, erhielt 1927 einen Lehrauftrag für Meßmethoden der Angewandten Geophysik. Er wurde 1928 habilitiert und 1933 zum a.o. Professor ernannt. Im Jahr 1934 erfolgte dann die Umwandlung des Lehrauftrages in eine hauptamtliche Dozentur. Dr. Heinrich Jung, Assistent am Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen, übernimmt 1937 diese Dozentur. Angewandte Geophysik wird 1938 Prüfungsfach in der Hauptprüfung von Bergleuten und Markscheidern. H. Jung wird 1941 zum apl. Professor ernannt. Bis 1945 erfolgen mehrmalige Einberufungen von H. Jung zum Heeresdienst; er fiel in den letzten Kriegstagen in der Gegend von Lauenburg.

Prof. Dr. Karl Jung, der Zwillingsbruder von Heinrich Jung, übernimmt die Dozentur im November 1945. K. Jung war ab 1941 bis Kriegsende Ordinarius für Geophysik an der Universität Straßburg. In Clausthal übernimmt er außerdem ab 1946 die Vorlesungen in Physik, Mathematik und Mechanik während der mehrfachen und lang andauernden Vakanzen der zuständigen Lehrstühle in den Aufbaujahren der Bergakademie bis 1952.

Die "Geophysikalische Abteilung" im Rahmen des Physikalischen Instituts war ausgerichtet als 'Zubringer' für den Bedarf an Geophysik für Bergleute, Markscheider usw. Es handelte sich also nicht um eine Vollausbildung für Geophysiker. Diese konzipierte Karl Jung aber bereits voraussehend; Zitat K. Jung, 1950: *"Da infolge des Kriegsausganges mehrere Ausbildungsstätten der Geophysiker verlorengegangen sind, lag es nahe, ein Vollstudium der Geophysik in Clausthal zu ermöglichen, das mit der Prüfung zum Diplom-Geophysiker abgeschlossen wird. Die Ausbildung von Geophysikern ist im 'Gang'"*.

Seit 1953 gibt es ein eigenständiges Institut für Geophysik in Clausthal.

Die folgende Geschichte des Instituts soll an den Wirkungsdaten der Professoren skizziert werden.

Prof. Dr. Karl Jung (1953 bis 1957)

Karl Jung wird 1953 zum Direktor und a.o. Professor des neugeschaffenen Geophysikalischen Instituts der Bergakademie Clausthal ernannt. Im Jahr 1954 wird er Ordinarius für Geophysik. Die überaus fruchtbare Arbeit in Clausthal von Karl Jung endete mit seinem Übergang zur Universität Kiel im Jahre 1957.

Prof. Dr. Heinz Menzel (1957 bis 1964)

Er vertrat die Arbeitsrichtungen Seismologie und Angewandte Seismik. Die Ernennung zunächst zum a.o. Professor erfolgte 1957. 1961 wurde er Ordinarius für Geophysik. Seine Tätigkeit war gekennzeichnet vom Ausbau des Lehr- und Forschungsprogramms Geophysik, einer intensiven Tätigkeit im Rahmen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, des Forschungskollegiums Physik des Erdkörpers e.V. (FKPE) und verschiedener Schwerpunktprogramme der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Er betrieb einen besonderen Aufwand für den Bau mariner seismischer Geräte und bei ihrer Erprobung in den Oberharzer Teichen. Sie dienten als Vorarbeit für Menzels späteren Wechsel zur Universität Hamburg im Jahre 1964.

Prof. Dr.-Ing. Otto Rosenbach (o. Professor von 1965 bis 1980)

Die Schwerpunkte seiner Tätigkeit waren die experimentelle und theoretische Seismik, der Ausbau des seismologischen Observatoriums, die Gravimetrie, die Geoelektrik sowie das Studium der Erdgezeiten und der Einsatz von Bohrlochpendeln.

Im Mai 1965 wurde er zum Ordinarius für Geophysik ernannt. Er war Gründungsmitglied des FKPE. Im Auftrage der DFG verfaßte er zusammen mit Prof. Dr. Klaus Strobach (Meteorologie und Geophysik FU-Berlin) und Dipl.-Ing. Waldemar Heitz (DFG Bad Godesberg) die Denkschrift "Physik des Erdkörpers", die anlässlich der 28. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Clausthal-Zellerfeld am 17. Mai 1967 durch den Präsidenten Prof. Dr. Julius Speer der Deutschen Forschungsgemeinschaft übergeben wurde.

In seine Amtszeit fällt auch der Entwurf einer neuen "Diplom-Prüfungsordnung für die Fachrichtung Geophysik", basierend auf der "Rahmenprüfungsordnung für die Diplomprüfungsordnungen in Geophysik, Meteorologie und Ozeanographie". Rosenbach war Mitglied bei der 'Weichenstellung' für die Gründung des Arbeitskreises "Geodäsie/Geophysik" anlässlich des Kreuznacher Rundgespräches im Jahre 1969, und er war Verfasser der 3.-5. Auflage des Heftes "Geophysiker" aus der Reihe "Blätter zur Berufskunde", herausgegeben von der Bundesanstalt für Arbeit.

Im Jahr 1975 konnte endlich der Neubau des Instituts für Geophysik im Rahmen einer Vortragsveranstaltung sowie einer Feierstunde der Technischen Universität Clausthal mit der Schlüsselübergabe bezogen werden; damit waren die Berufungszusagen aus dem Jahr 1965 und aus den Bleibeverhandlungen 1968 eingelöst und die bisherige parzellierte Unterbringung des Instituts beendet worden. Zwischen 1965 und 1980 hat Prof. Rosenbach zahlreiche Anträge bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft gestellt und bewilligt bekommen. Mit diesen Mitteln wurden die instrumentelle und personelle Ausstattung des Instituts maßgeblich gefördert. Weitere Geldgeber waren das Land

Niedersachsen, das Bundesministerium für Forschung und Technologie und die Industrie.

Am 31. März 1980 wurde Prof. Rosenbach emeritiert. Er vertrat die Dienstgeschäfte des Instituts bis zur Übernahme durch Prof. Dr. Reinhard K. Bortfeld am 1. Aug. 1980.

Prof. Dr. Reinhard K. Bortfeld (C4-Professor von 1980 bis 1992)

Seine wissenschaftlichen Aktivitäten konzentrierten sich hauptsächlich auf folgende Arbeitsrichtungen: Theorie der Angewandten Seismik und ihre Interpretation unter Verwendung der modernen Verfahren der seismischen Datenverarbeitung. Hierbei ist eine große Anzahl von Diplomarbeiten und Dissertationen entstanden, die den jeweiligen Bearbeitern ein gutes berufliches Rüstzeug geboten haben. Am 1. Aug. 1980 wurde er zum o. Professor für Angewandte Geophysik ernannt. Im Jahr 1983 beginnt das Forschungsprojektes "DEKORP" (Deutsches Kontinentales Reflexionsseismisches Programm); R.K. Bortfeld ist Mitglied der Steuerungsgruppe und verantwortlich für die Durchführung der Datenverarbeitung im DEKORP Processing Center des Instituts.

Das Programm DEKORP läuft mittlerweile in seiner IV. Phase und hat dem Institut umfangreiche und attraktive Arbeitsmöglichkeiten, insbesondere für Diplomanden und Doktoranden, geboten.

1984 wird das DEKORP Processing Center (DPC) anlässlich der Schenkung eines PHOENIX-Computer-Systems durch die Firma Mobil Oil AG, Celle, eingeweiht. Die Rechenkapazität wurde erweitert durch die Installation einer Processing-Anlage PHOENIX DPU (VAX 750), beschafft aus Mitteln des Landes Niedersachsen und des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (Projekt DEKORP). Weitere Drittmittel wurden durch zahlreiche Anträge bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Land Niedersachsen und der Industrie beschafft. Anlässlich der 59. Tagung der Society of Exploration Geophysicists (SEG) in Dallas, Texas/USA, erhält R.K. Bortfeld im Jahr 1989 den Reginald Fessenden Award. Prof. Bortfeld wurde am 31. März 1992 pensioniert.

Vor der Umstrukturierung des Instituts im Jahre 1980 waren am Institut in Clausthal tätig:

Prof. Dr. Jörn Behrens (1969 bis 1973)

Seine Arbeiten befaßten sich vorwiegend mit Modellseismik zur Untersuchung von Wellenausbreitungsvorgängen. Er habilitierte sich 1969 an der Technischen Universität Clausthal. In diesem Jahr wurde er zum Abteilungsvorsteher und Professor ernannt und war dann Leiter der Abteilung "Modellgeophysik". Im Jahr 1973 erfolgte die Ernennung zum o. Professor für Geophysik an der Technischen Universität Berlin.

Prof. Dr. Jürgen R. Schopper (1976 bis 1990)

Er vertrat die Arbeitsrichtungen anwendungsorientierte petrophysikalische Grundlagenforschung und Theorie der Auswertung geophysikalischer Bohrlochmessungen. Hierbei entstand eine große Anzahl von Diplom- und Doktorarbeiten; dadurch fanden viele Studienabgänger gute, teils leitende Stellungen in der Erdöl-Erdgas- sowie bohrlochgeophysikalischen Service-Industrie. Seine Habilitation

erfolgte 1972 an der Technischen Universität Clausthal. Im Jahre 1976 wurde er zum apl. Professor ernannt und war Leiter der Abteilung "Gesteinsphysik und Bohrlochgeophysik". Seine Ernennung zum C3-Professor erfolgte 1978. J.R. Schopper wurde am 30. Sept. 1990 pensioniert. Bis zum Amtsantritt von Prof. Dr. Ugur Yaramanci führte er bis zum März 1993 die laufenden Abteilungsgeschäfte fort.

Prof. Dr. Horst J. Neugebauer (1980 bis 1988)

Er vertrat die Arbeitsrichtungen Geodynamik, insbesondere Tektonik, Lithosphäre, langperiodische Erdkrustendynamik und das poroelastische Fließen. Seine Ernennung zum C3-Professor für Allgemeine Geophysik erfolgte 1980. Im Jahr 1988 nahm er den Ruf auf eine C4-Professur an den neu geschaffenen Lehrstuhl Geodynamik/Physik der Lithosphäre an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bonn an.

Seit 1980 hat das Institut eine Abteilungsstruktur. Es gibt seit diesem Jahr folgende Abteilungen: Angewandte Geophysik, Allgemeine Geophysik sowie Petrophysik und Bohrlochgeophysik. Diese Abteilungen haben bestimmte Arbeitsrichtungen und Schwerpunkte in Lehre und Forschung.

Die Abteilung Angewandte Geophysik, seit 1. April 1992 unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Fertig:

Die Arbeiten in dieser Abteilung konzentrieren sich auf zwei Schwerpunkte: die Anwendung seismischer Verfahren und die rechnergestützte Interpretation sowie die Entwicklung numerischer Verfahren in der angewandten Geophysik. Damit werden auch nichtseismische Verfahren in Theorie und Anwendung betrieben. Bei den seismischen Verfahren liegt ein Hauptgewicht bei der rechnergestützten Interpretation der Daten mit Workstations. Bei dieser digitalen Bearbeitung sind die Weiterentwicklung von Bearbeitungsverfahren sowie die numerische Simulation von Wellenausbreitungsvorgängen von Interesse.

Neben der allgemeinen Potentialtheorie konzentriert sich die Anwendung nichtseismischer Verfahren derzeit auf die Untersuchung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Salz- und Festgestein. Die Ingenieurgeophysik hat ihr Aufgabengebiet in der flachgründigen Untersuchung mit kombinierten geophysikalischen Verfahren.

Die Abteilung Allgemeine Geophysik, seit 1. Sep. 1990 unter der Leitung von Prof. Dr. Gerhard Jentsch:

Unter der langperiodischen Erdkrustendynamik versteht man periodische und aperiodische Deformationen des Erdkörpers, die sich durch zeitliche Änderungen des Schwerefeldes und Lotschwankungen bemerkbar machen. Anwendungsgebiete sind u.a. die Gezeitendeformation, die Erdbebenforschung, die Salzdynamik sowie meteorologische und hydrologische Einflüsse.

Gravimetrische und magnetische Verfahren dienen der Untersuchung lokaler und regionaler geologischer Strukturen und - bei der Mikrogravimetrie - der Erfassung von Schwerevariationen etwa im Zusammenhang mit vulkanischen Aktivitäten. Alle Arbeiten sind sowohl experimentell als auch theoretisch/numerisch ausgerichtet. Es wird sowohl an der Verbesserung der Sensoren gearbeitet als auch an der Weiterentwicklung von Verfahren zur Datenbearbei-

tung und Interpretation. Hier ist insbesondere die geodynamische Interpretation der Bouguer-Anomalie zu nennen.

Die *Abteilung Petrophysik und Bohrlochgeophysik*, seit 1. April 1993 unter der Leitung von Prof. Dr. U. Yaramanci:

Es werden hauptsächlich experimentelle und theoretische Untersuchungen zu grundlegenden gesteinsphysikalischen Parametern durchgeführt. Dabei sind sowohl Speichergesteine als auch kontaminierte Gesteine und Böden sowie Deponiewirtsgesteine von Interesse. Hinzu kommen Messungen im Bohrloch und untertage. Zur Auswertung von Meßdaten und deren Interpretation werden ebenfalls umfangreiche numerische Verfahren entwickelt und eingesetzt.

Neben den Laborexperimenten zu Poren- und Durchlaßeigenschaften sowie zu komplexen elektrischen Eigenschaften liegen die Schwerpunkte auch auf in-situ-Arbeiten zur Untersuchung der Salzgesteine mit Hilfe geoelektrischer

Verfahren und der Radarreflexion und Radartomographie. 2D- und 3D-Finite-Differenzenverfahren werden für die Interpretation eingesetzt. Ein Ziel ist z.B. die Überwachung von Laugenmigrationen im Salzgestein.

Quellen

(1950): Festschrift zur 175-Jahrfeier der Bergakademie Clausthal 1775-1950: 81-84; Clausthal-Zellerfeld.

(1972): In Memoriam Karl Jung. - Zeitschr. für Geophys. **38**: 347-350.

(1967): Denkschrift "Physik des Erdkörpers" der DFG, Teil 10: Wiesbaden (Franz Steiner Verlag GmbH).

(1975): Informationsschrift anlässlich der Einweihung des Neubaus am 12.03.1975: (Institut für Geophysik der TU Clausthal).

(1994): Informationsbroschüre, TU anlässlich des 20. Jahrestages der Fertigstellung des Instituts und des 80. Geburtstages von Prof. Dr. O. Rosenbach: (Institut für Geophysik der TU Clausthal).

Geophysik bei den Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben in Hannover

Ralph Hänel & Joachim Homilius

Historischer Überblick

Von den staatlichen geologischen Diensten wurden seit Beginn des 20. Jahrhunderts geophysikalische Messungen für geologische Erkundungen eingesetzt; insbesondere sei an die "Geophysikalische Reichsaufnahme" erinnert, die 1934 ihren Anfang nahm und große Erfolge aufweisen konnte (CLOSS 1974). Als beim Wiederaufbau nach Kriegsende brauchbares Gerät und Mittel für Neubeschaffungen äußerst knapp waren, verständigten sich die Leiter der neuen geologischen Landesämter, eine Reihe von Teilaufgaben zentral durchzuführen (*Höchster Vereinbarungen zur Lösung verschiedener Gemeinschaftsaufgaben auf dem Gebiet der Geologie zwischen den Ländern und der Verwaltung für Wirtschaft vom 1. Juni 1948*).

Zu den wichtigsten Teilaufgaben gehörte die Geophysik. Angesiedelt wurde die betreffende Arbeitsgruppe beim Amt für Bodenforschung in Hannover und in Krefeld. Nach einer Umorganisation, die 1957/59 zur Errichtung der selbständigen Landesämter in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen führte, wurde die Geophysik Teil der "Gemeinschaftsaufgabe Bodenforschung" beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) in Hannover.

1958 wurde in Hannover die Bundesanstalt für Bodenforschung - BfB -, ab 1975 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - BGR -, errichtet, deren Amtsleitung bis heute in Personalunion auch das NLfB führt; der Präsident ist Bundesbeamter, der Vizepräsident ist Landesbeamter, die Verwaltung erfolgt gemeinsam. Die Geophysik bei der BfB war in der Gründungsphase in zwei Referaten der Abteilung "Laboratorien" konzentriert, die bis 1962 in Personalunion mit der Geophysik beim NLfB von Hans Closs geleitet wurde. Über die Entwicklung der 'Geophysik' bei der BfB/BGR, die zunächst auch mit Personal des Am-

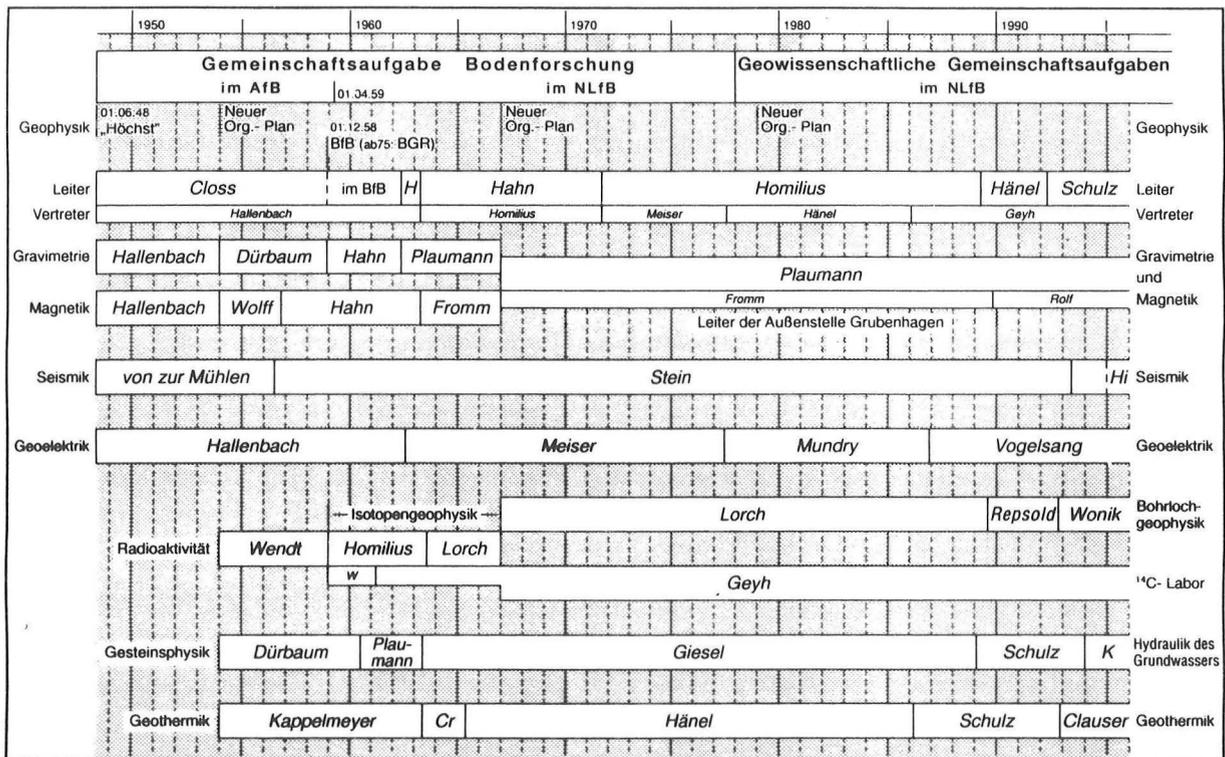
tes für Bodenforschung ausgestattet worden war, wurde und wird an anderer Stelle berichtet (DÜRBAUM et al. 1984, DÜRBAUM & HINZ 1997).

Die Beiträge zur Finanzierung von sog. Gemeinschaftsaufgaben der Länder errechneten sich nach dem Schlüssel des *Königsteiner Staatsabkommens*, das im Frühjahr 1949 kurz vor der Gründung der Bundesrepublik Deutschland zustande gekommen war. Später stellte es sich allerdings heraus, daß dieses Abkommen mit dem Grundgesetz (GG) nicht zu vereinbaren war, und so ließ man es mit dem Ende des Jahres 1969 auslaufen. Grundlage der Finanzierung der Gemeinschaftsaufgaben des Bundes und der Länder wurde ab 1977 der Artikel 91 b GG.

Die Gemeinschaftsaufgabe Bodenforschung, ab 1977 Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA) genannt, wurde damit eine Forschungseinrichtung der Blauen Liste (HÄNEL 1992), blieb aber organisatorisch als Abteilung beim NLfB angesiedelt.

Die Entwicklung der Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben in den ersten 40 Jahren seit Unterzeichnung der Höchster Vereinbarungen ist dargestellt bei HAHN & HOMILIUS (1988). Die dort dargelegten Ausführungen sind auf Grund der mittlerweile eingetretenen forschungspolitischen Veränderungen zu ergänzen. Die wichtigsten Vorgänge sind die Bildung eines Wissenschaftlichen Beirats (1990) und die Einbeziehung der neuen Bundesländer in die Leistungen der GGA.

Die Abteilung GGA ist in die zwei Unterabteilungen, "Geophysik" und "Geologie der Kohlenwasserstoffe, Geochemie", untergliedert, wobei die Geophysik ca. 75% der Mitarbeiter umfaßt. Insgesamt gehörten am 1. Aug. 1995 zur Geophysik 34 wissenschaftliche und 41 technische Mitarbeiter.



Abkürzungen: Cr = Creutzburg, H = Hallenbach, Hi = Hinzen, K = Kessels, W = Wendt

Abb. 1: Personalveränderungen zwischen 1948 und 1995 bei den leitenden Mitarbeitern der Geophysik der GGA. Ausführliche Darstellung bei HAHN & HOMILIUS (1988).

Die intensive Zusammenarbeit mit den geowissenschaftlichen Instituten der Universitäten drückt sich z.B. darin aus, daß zur Zeit sechs Wissenschaftler der GGA im Lehrbetrieb involviert und zwei Doktoranden und ein Postdoktorand gemäß Hochschulsonderprogramm II eingebunden sind.

Der Organisationsplan der Geophysik bei den GGA ist den Aufgabenspektren jeweils angepaßt worden. Die Änderungen in der Zeit von 1948 bis 1995 lassen sich der Graphik in Abb. 1 entnehmen. Als Daueraufgaben sind die klassischen Arbeitsgebiete Gravimetrie, Magnetik, Seismik, Geoelektrik und Geothermik zu erkennen. Zum Aufholen im technischen Bereich in den 50er und 60er Jahren wurde ein eigenes technisches Labor eingerichtet. Der Umgang mit künstlichen Radioisotopen nahm in den 60er Jahren ab und statt dessen gewannen die Methoden der Altersbestimmung mit natürlichen Radioisotopen an Bedeutung; dieses Arbeitsgebiet wurde im "¹⁴C-Labor" zusammengefaßt. Ende der 60er Jahre erwies es sich als notwendig, ein eigenes Referat "Bohrlochgeophysik" aufzubauen, um den Anforderungen zur Untersuchung engkalibriger Bohrlöcher in der Hydrogeologie, der Baugrunderkundung und in anderen Arbeitsgebieten zu genügen. Die 'Gesteinsphysik' konzentrierte sich zunächst auf die Gesteinsparameter Porosität und Durchlässigkeit, und dies im wesentlichen im Zusammenhang mit Problemen der Grundwasserströmung und der Wasserströmung im ungesättigten Bodenbereich, was den Aufgaben des Referates "Hydraulik des Grundwassers" entspricht.

Die Leiter der Geophysik bei den GGA waren:

Hans Closs	1948 - 1962, ab 1959 als Bundesbeamter,
Franz Hallenbach	1962 - 1963,
Albrecht Hahn	1963 - 1971,
Joachim Homilius	1971 - 1989,
Ralph Hänel	1989 - 1992,
Rüdiger Schulz	ab 1992.

Hans Closs und seine Nachfolger bei der Bundesanstalt und bei den Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben förderten die Zusammenarbeit mit der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, sorgten für ein gutes Gelingen der Jahrestagungen in Hannover (1953, 1961, 1982) und stellten sich für die Arbeit des Vorsitzenden zur Verfügung (Hans Closs 1961-1963, Albrecht Hahn 1973-1975, Hans-Jürgen Dürbaum 1981-1983 und Ralph Hänel 1993-1995). Geschäftsstelle und Schriftführerposten waren bzw. sind von 1987 bis 1991 (Siegfried Greinwald) und ab 1994 (Helga Wiederhold) an die Dienststelle von BGR/NLFb-GGA gebunden, sowie von 1990 bis 1995 der Posten des Kassenwarts (Bernhard Fluche). Als es darum ging, das über viele Institute verstreute DGG-Archiv zusammenzuführen, zu sichten und zu ordnen, geschah dies ab 1993 durch Joachim Homilius in Hannover, bis die Übernahme des Archivs durch das Institut für Geophysik und Geologie in Leipzig 1995 und 1996 erfolgen konnte. Hans Closs und Hans-Jürgen Dürbaum wurden 1981 bzw. 1993 für ihre Leistungen zu Ehrenmitgliedern der DGG ernannt.

Aufgaben

Die Aufgaben der GGA-Geophysik erstrecken sich auf *Regionalforschung, Objektforschung einschließlich Forschungsbohrungen sowie methodische und technische Entwicklungen.*

Regionalforschung

Die Regionalforschung zeichnet sich durch Vorhaben aus, die sich über das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland und - soweit erforderlich - auf angrenzende Länder erstrecken. In der Regel ist eine mehrjährige Bearbeitungszeit erforderlich.

Die Fragestellungen zur Regionalforschung werden in Abstimmung mit den geologischen Diensten und Hochschulinstituten definiert. Hier stehen großräumige geophysikalische Untersuchungen sowie Kartierungen im Vordergrund, wie z.B. die Erstellung regionaler Basiskarten von Großstrukturen sowie von beckenweiten stratigraphischen Bearbeitungen.

Eine permanente Aufgabe der GGA (da länderübergreifend) sind die Erfassung und kartenmäßige Darstellung von Anomalien der Schwere (Abb. 2) und der magnetischen Totalintensität (Abb. 3), der Temperatur bis in Tiefen von ca. 10 km (Abb. 4), der Dichte des terrestrischen Wärmestromes sowie des spezifischen elektrischen Widerstandes (HÄNEL 1980, HÄNEL et al. 1988, SCHULZ et al. 1992, PLAUMANN 1983, 1991, 1995, WONIK & HAHN 1989). Auf diesen Gebieten verfügen die GGA über eine

umfangreiche Datensammlung. Die Interpretation der Karten ermöglicht großräumige geologische Aussagen, z.B. im Vorfeld der Suche nach Kohlenwasserstofflagerstätten und von regionalen und überregionalen Forschungsvorhaben (DEKORP, KTB etc.). Lokale Anomalien der geophysikalischen Felder werden im Rahmen der Objektforschung weiter untersucht.

Objektforschung

Die Objektforschung zeichnet sich durch Untersuchungen in 'enger' begrenzten Räumen aus. Der Forschungscharakter liegt im allgemeinen in den komplizierten geologischen Gegebenheiten begründet. Zum Teil sind die Ergebnisse der Objektforschung der Anstoß für die Regionalforschung sowie von methodischen und technischen Entwicklungen. Zu nennen sind:

Beiträge zur Hydrogeologie:

Geophysikalische Grundwassererkundung im Vorfeld der Grundwassergewinnung, Erkundung von Salzwasser-Süßwasser-Grenzen, Grundwassermodelle, geophysikalische Bohrlochmessungen, isotopehydrogeologische Untersuchungen (GEYH 1988, GIESEL 1988, HILDEBRAND et al. 1988, HOMILIUS & FLATHE 1988, REPSOLD 1989).

Beiträge zum Umweltschutz:

Vorarbeiten zur Lokalisierung von Oberflächendeponien, Ortung von Altlasten, Erkundung von Hohlräumen, Untersuchungen von oberflächennahen Strukturen, Untersuchungen zur Schadstoffausbreitung im Boden und im

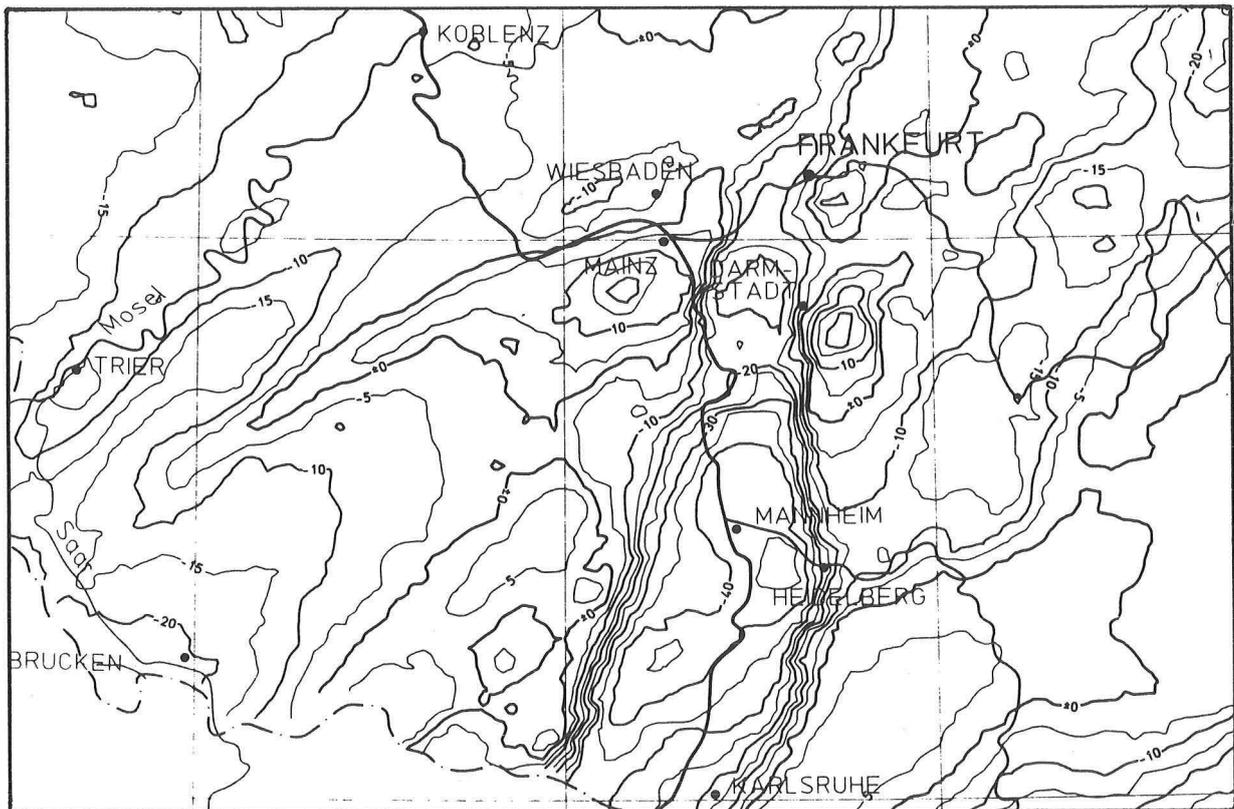


Abb. 2: Ausschnitt aus der Schwerekarte 1:1,5 Mill. des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland. (PLAUMANN 1987).

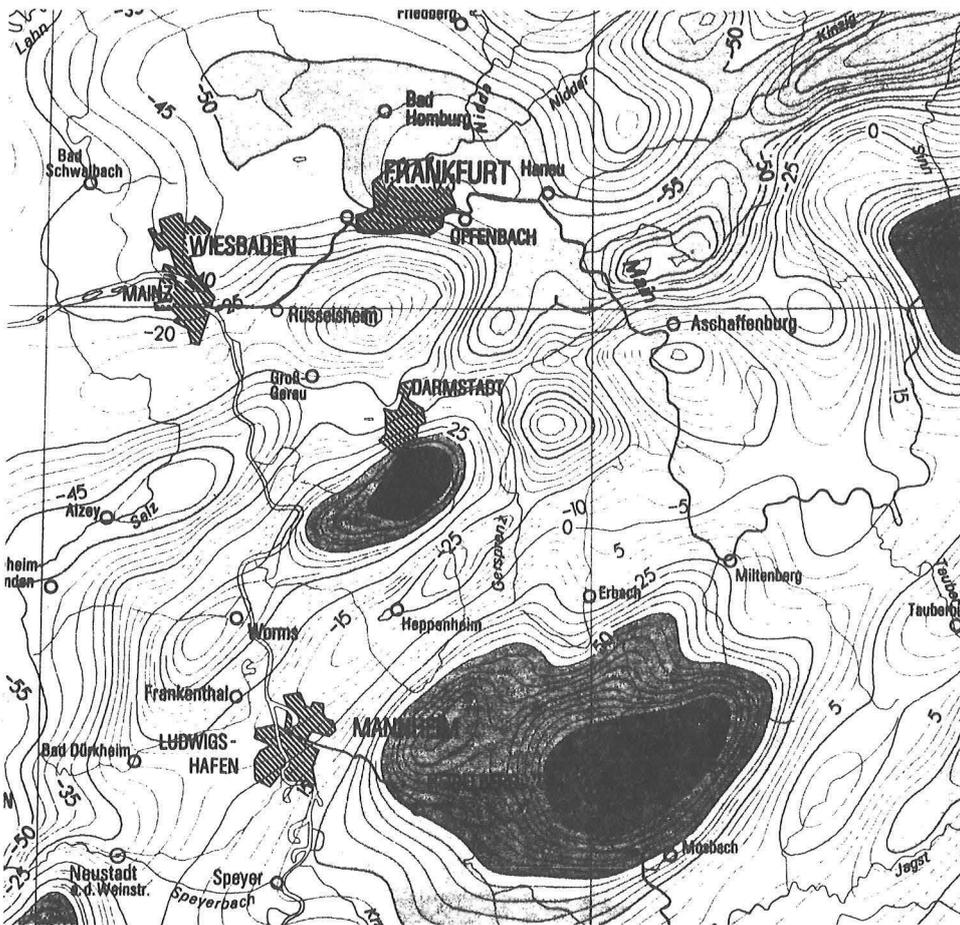


Abb. 3: Ausschnitt aus der Karte der Magnetfeldanomalien der Bundesrepublik Deutschland, Luxemburg, Schweiz und Österreich 1:1 Mill. (WONIK & HAHN 1989).

Grundwasser, Paläoklimaforschung, geophysikalische Bohrlochmessungen (GEYH et al. 1987, GIESEL 1988, VOGELSANG 1993, 1994).

Beiträge zur Ingenieurgeophysik:

Flachgründige Untersuchungen zur Beurteilung der Eignung als Baugrund, Bestimmung rheologischer Parameter, Erschütterungsuntersuchungen, seismologische Begutachtungen (BEHNKE 1988, STEIN & BEHNKE 1988, STEINWACHS 1988).

Beiträge im Vorfeld zur Prospektion von Lagerstätten:

Vorerkundungen von mineralischen Rohstoffen, Vorarbeiten zur Nutzung geothermischer Energie (HÄNEL 1982, HAHN & BOSUM 1986, HOMILIUS & VOGELSANG 1988, KAPPELMEYER & HÄNEL 1974, SCHULZ et al. 1992a, THIERBACH 1994).

Forschungsbohrungen werden seit 1970 mit fest eingeplanten Mitteln der GGA in allen Bundesländern abgeteuft. Ziele und wissenschaftliche Ergebnisse sind von allgemeinem geowissenschaftlichen Interesse. Es versteht sich von selbst, daß zur Entscheidung über eine Bohrlokation und für Untersuchungen im Bohrloch die Geophysik der GGA ebenfalls eingesetzt wird. Auch Vertiefungen von Bohrungen mit besonderen wissenschaftlichen Fragestellungen wurden durch diese Mittel ermöglicht, wie z.B. die Forschungsbohrung Nördlinger Ries 1973.

Methodische und technische Entwicklungen

Darunter sind die Weiterentwicklung, die Erprobung und die Bereitstellung neuer geowissenschaftlicher Verfahren im Vorfeld praxisbezogener Fragestellungen zu verstehen, wie z.B. Meßmethoden, Meßgeräte und Auswertemethoden für die Gebiete Seismik, Magnetik, Geoelektrik, Radar für Salzgebirge, Geothermik, Wasserbewegung im ungesättigten Bodenbereich oder ^{14}C für hohe Alter. Dies geschieht im engen Kontakt mit der Industrie und einschlägigen Geoforschungsinstituten.

Einige Arbeitsergebnisse

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien einige wichtige Arbeitsergebnisse sowie methodische und technische Entwicklungen aus dem Zeitraum 1948 bis 1996 dargestellt.

Gravimetrie

- Aufbau von Schwerebasisnetzen in der Bundesrepublik Deutschland mit Verbindung zum benachbarten Ausland (1952 bis heute). Beteiligung am Aufbau von Schweregrundnetzen.
- Regionalgravimetrische Vermessung der Bundesrepublik; Erstellung der Schwerekarte 1:500 000 und 1:1 500 000 (50er Jahre bis heute).
- Schwerkraftmessungen und ihre Interpretation im Rahmen von KTB und DEKORP (1982 - 1990).
- Gravimetrische Untersuchungen an Subrosionssenken und zur Salzstocktektonik (ab 1960) (PLAUMANN 1983, 1988, 1991, 1995).

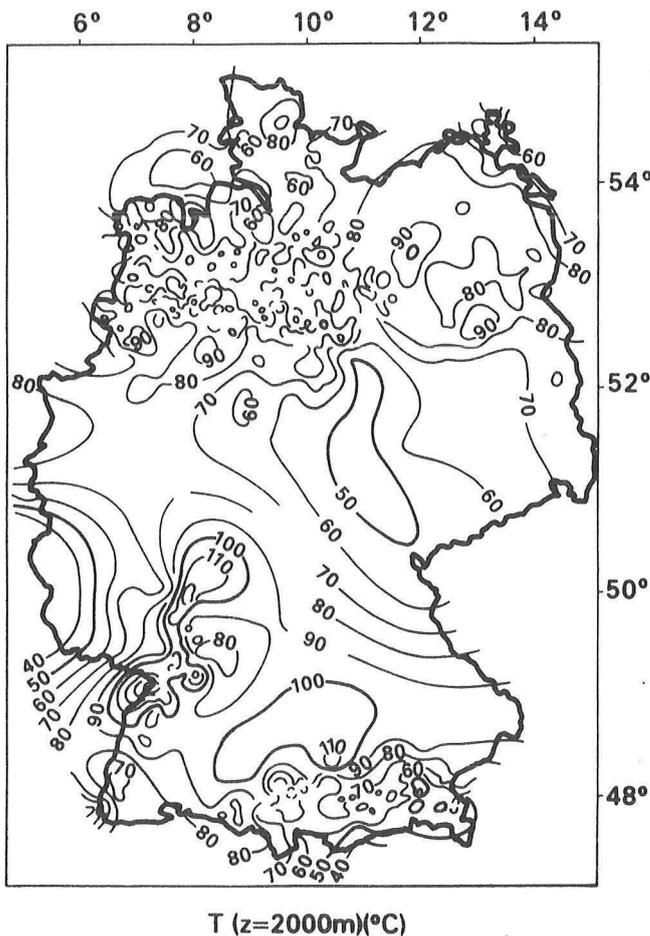


Abb. 4: Temperaturverteilung im Untergrund der Bundesrepublik Deutschland in 2000 m Tiefe auf der Grundlage von mehr als 5000 Bohrdaten (Stand 1996, HURTER et al. 1996).

Magnetik

- Bodenmagnetische Untersuchungen im "Hessenprogramm" (1953 - 1962).
- Beiträge zur Entwicklung der Flugmagnetometrie in der Bundesrepublik (1957 - 1962).
- Erarbeitung neuer Methoden zur Interpretation von magnetischen Anomalien (1962 - 1976).
- Ergänzungen der flugmagnetischen Vermessung der Bundesrepublik (1965 - 1971 und weiterer Flugvermessungen) durch Bodenmessungen.
- Interpretation magnetischer Anomalien in der Bundesrepublik (seit 1970).
- Aufbau des Labors für Gesteinsmagnetik in Grubenhagen bei Einbeck (ab 1968) zur Messung von Gesteinsparametern für die Interpretation von Magnetfeldanomalien und zur Lösung von Aufgaben aus der Gesteins- und Paläomagnetik, insbesondere für die Quartärstratigraphie. (FROMM 1985, FROMM et al. 1988, HAHN & BOSUM 1986, PUCHER & HAHN 1980, WONIK & HAHN 1989, WONIK et al. 1992).

Seismik

- Mitarbeit an refraktionsseismischen Tiefenuntersuchungen in der Bundesrepublik und in angrenzenden Ländern zur Ermittlung der Geschwindigkeitsstruktur der Erdkruste (1948 - 1976).

- Beteiligung an der tiefenseismischen Untersuchung der Alpen und ihrer Interpretation (1955 - 1967).
- Verbesserung bekannter und Erarbeitung neuer Methoden zur Interpretation seismischer Daten (ab 1965).
- Entwicklung von refraktionsseismischen Apparaturen zur Untersuchung flachgründiger Objekte (ab 1962). Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten zur Durchführung von Reflexionsseismik mit Fallgewichtsanzug und Impulsgeräten bei flachgründigen Objekten (ab 1984).
- Untersuchungen mit Refraktions- und Reflexionsseismik als Beitrag zur geologischen Kartierung (Abb. 5), zur Lösung hydrogeologischer Probleme und von Baugrundfragen.
- Aufbau von Apparaturen zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen (ab 1948). Messung und Bewertung von Erschütterungen bei Sprengungen, bei Bautätigkeiten, im Schienen- und Straßenverkehr.
- Entwicklung und Einsatz mobiler seismologischer Stationen zur Ortung mikroseismischer Bodenunruhe (1966 - 1984).
- Aufbau eines untertägigen Stationsnetzes in Salzbergwerken zur Registrierung von Erdbeben und Gebirgsschlägen in Norddeutschland (ab 1980) (BEHNKE 1988, CLOSS & BEHNKE 1963, CLOSS & LABROUSTE 1963, FUCHS et al. 1963, GIESE et al. 1976, REICHERT 1993, STEIN & BEHNKE 1988, STEINWACHS 1974, 1988, WIEDERHOLD 1992).

Goelektrik

- Entwicklung der goelektrischen Widerstandsmethode zum modernen Aufschlußverfahren bis in Tiefen von mehr als 1 km (ab 1953).
- Verbesserung bekannter und Erarbeitung neuer Methoden zur Interpretation der goelektrischen Meßergebnisse (ab 1952).
- Untersuchungen mit der goelektrischen Widerstandsmethode zur Ermittlung der Salzwasser-Süßwasser-Grenze im Küstenbereich und auf Inseln, von verdeckten glazialen Rinnen im Alpenvorland und von Grundwasserleitern bei der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung (Münsterland, Niederrheinische Bucht, Oberrheintal, Täler von Rhein und Donau) (1953 - 1974).
- Einführung und Erprobung elektromagnetischer Verfahren und Verfahren der induzierten Polarisation zur Erkundung von Lagerstätten und bei Kartierungsaufgaben (1973 - 1982).
- Entwicklung und Anwendung eines elektromagnetischen Reflexionsverfahrens zur Erforschung von Salzlagerstätten (1967 bis heute) und zum Einsatz im Permafrost (1979 - 1985).
- Entwicklung einer hochauflösenden Meßtechnik für flachgründige Objekte (Altlastenerkundung, Schadstofftransport, Archäologie) (ab 1990). (HOMILIUS & FLATHE 1988, HOMILIUS & VOGELSANG 1988, MUNDRY & DENNERT 1980, MUNDRY & HOMILIUS 1979, SPITZER 1995, THIERBACH 1994).

Geothermik

- Gewinnung und Kompilation von geothermischen Basisdaten durch Bohrlochmessungen und Ermittlung der Wärmestromdichte (ab 1969).

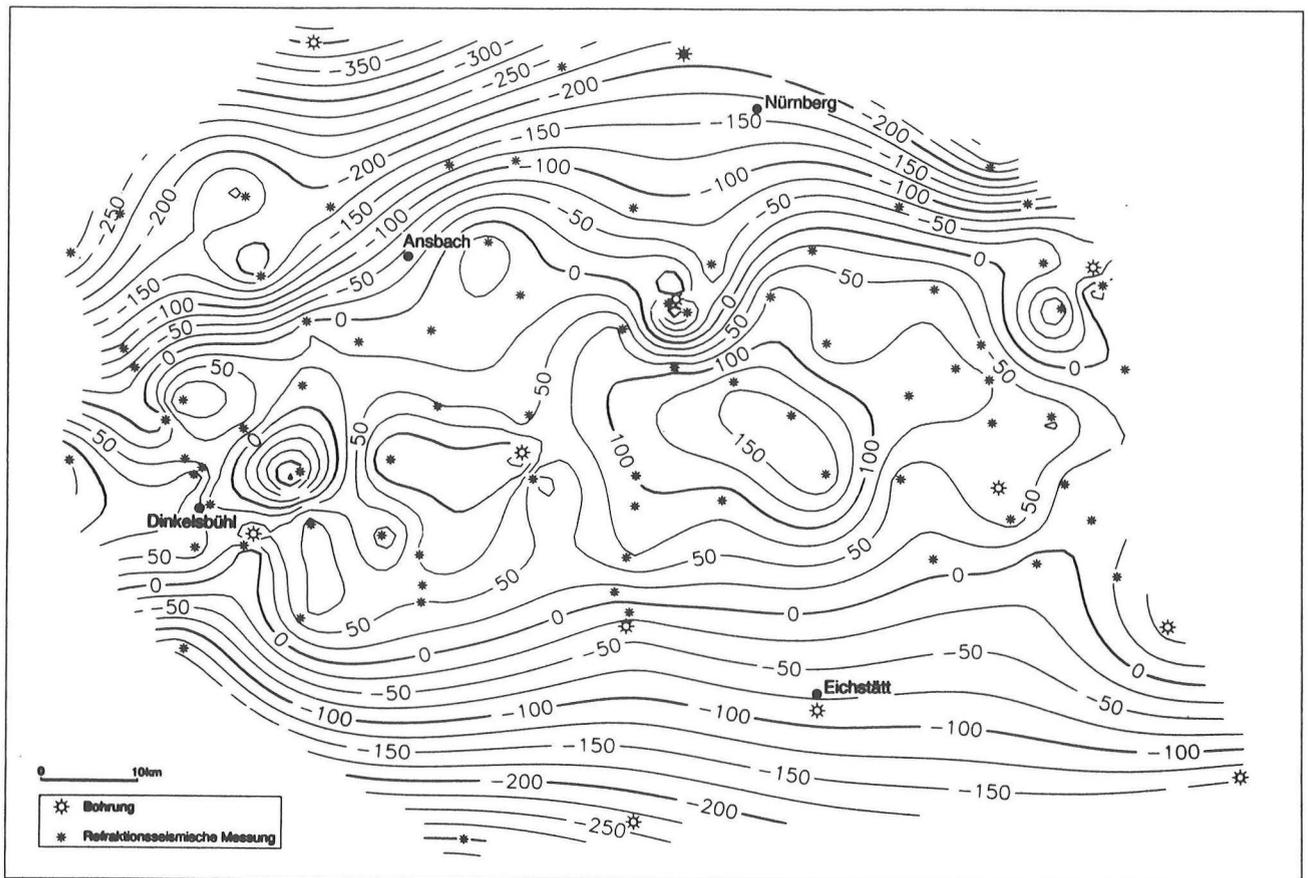


Abb. 5: Isohypsen der variszischen Grundgebirgsoberfläche in Mittelfranken südlich Nürnberg auf der Grundlage von 95 refraktionsseismischen Messungen und 12 Bohrungen. Die Messungen wurden 1983 bis 1988 im Rahmen der GGA zusammen mit dem Bayerischen Geologischen Landesamt durchgeführt (BUNESS 1995).

- Abschätzungen der geothermischen Ressourcen und Reserven an ausgewählten Aquifern der Bundesrepublik (1981 - 1984).
- Erarbeitung von Kartenwerken über Tiefentemperaturen und geothermischen Ressourcen in Mitteleuropa (ab 1988).
- Forschungsarbeiten zur Erschließung geothermischer Energie, speziell mit der Hot-Dry-Rock-Technik (Urach, Falkenberg/Oberpfalz, Soultz/Elsaß) (ab 1975).
- Simulation von Strömung und Transport im porösen und geklüfteten Untergrund (ab 1980).
- Gebirgs- und Wettertemperaturen im Salzbergbau (1960 - 1963).
- Analyse des Wärmetransports in der Kruste und Beiträge zur Paläoklimaforschung an der Lokation KTB und auf der Kola-Halbinsel (ab 1990). (CERMAK & HÄNEL 1982, CERMAK et al. 1992, CLAUSER & HUENGES 1993, CLAUSER & MARESCALL 1995, HÄNEL 1982, 1988, HÄNEL & STAROSTE 1988, JOBMANN & CLAUSER 1994, KAPPELMEYER & HÄNEL 1974, KAPPELMEYER et al. 1963, SCHELLSCHMIDT & SCHULZ 1991, SCHULZ et al. 1992, 1992a).

Bohrlochgeophysik

- Entwicklung von geophysikalischen Verfahren und Instrumenten zur Untersuchung in engkalibrigen Bohrlöchern bis in Tiefen von ca. 1300 m (ab 1975).

- Entwicklung und Anwendung mathematisch-statistischer Methoden zur Interpretation von bohrlochgeophysikalischen Messungen (ab 1990).

- Vergleich zwischen geoelektrischen Messungen an der Erdoberfläche und im Bohrloch (ab 1972). (LORCH 1988, REPSOLD 1989, REPSOLD & MUNDRY 1990, REPSOLD & SCHNEIDER 1988, WONIK 1991).

Hydraulik des Grundwassers

- Forschungsarbeiten zur quantitativen Erfassung von Wasserhaushaltskomponenten in der ungesättigten Bodenzone (ab 1970).

- Numerische Modelle für die Grundwassererkundung (ab 1973).

- Numerische Modelle zur Prognose der Ausbreitung von Schadstoffen im Deponieuntergrund (ab 1981). (GIESEL 1988, LORCH 1988, 1988a).

¹⁴C-Labor

- Altersbestimmungen an datierbaren Substanzen mit quartärgeologischen Fragestellungen durch das ¹⁴C-Labor Hannover (ab 1956).

- Entwicklungsarbeiten im ¹⁴C-Labor (ab 1962) in den Stufen

- (1) Verbesserungen der Zählrohre und Elektronik für die ¹⁴C-Methode zur Ausweitung des Datierungsbereiches auf 65000

Jahre und zur Datierung von Proben mit 25 mg Kohlenwasserstoff,
 (2) Erweiterung durch Tritium-Bestimmungen ohne Anreicherung,
 (3) Erweiterung durch Massenspektrometer-Messungen des Sauerstoffs, Kohlenstoffs und Wasserstoffs (ab 1972),
 (4) Erweiterung durch Messungen nach der Uran/Thorium-Methode (ab 1980). (GEYH 1980, 1983, 1988, 1988a, GEYH & SCHLEICHER 1990).

Haushalt und Forschungsvorhaben aus Drittmitteln

Der Haushalt der Gemeinschaftsaufgaben wird vom Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr eingebracht. Er wird zu je 50% vom Bund und vom Sitzland Niedersachsen getragen. Ein Drittel der Aufwendungen des Sitzlandes wird durch alle Bundesländer nach dem Königsteiner Schlüssel refinanziert. Die aufgezeigten Leistungen wären jedoch in diesem Umfang ohne Drittmittel nicht möglich gewesen. Über alle Jahre hinweg konnten Sach- und Personalmittel für Forschungsprojekte (z.B. von DFG, BMBF, EG, Industrie) eingeworben werden.

Eine besondere Stellung nehmen 'größere Gemeinschaftsforschungsvorhaben' ein. An diesen beteiligte sich die GGA mit eigenen wissenschaftlichen Beiträgen und koordinierte gleichzeitig die Zusammenarbeit mit anderen geologischen Diensten oder Forschungseinrichtungen. Zu nennen sind:

- Erkundung neuer Energiequellen in Niedersachsen (ENEN); Laufzeit von 1973 bis 1980; Beteiligung der Erdölindustrie und der Hochschulen in Niedersachsen; Koordinierung durch die GGA-Leitung (Förderer: Land Niedersachsen).

- Deutsches Kontinentales Reflexionsseismisches Programm (DEKORP); Laufzeit von 1983 bis 1993; die Projektleitung lag bei den GGA und ist am 1. Jan. 1994 zum GeoForschungsZentrum Potsdam übergegangen; Gesamthaushalt 59 Mill. DM; Beteiligung der geologischen Dienste Deutschlands, Belgiens, Frankreichs und Tschechiens, der Hochschulen und der Industrie (Förderer: BMFT).

- Grundwassergüteeentwicklung in den Braunkohlegebieten der neuen Länder (GBL); Laufzeit von 1994 bis 1997; Gesamthaushalt 11,3 Mill. DM; Beteiligung von acht geologischen Diensten; Koordination durch die GGA-Leitung (Förderung durch Aufbau-Ost).

- Europa-Atlas der Geothermischen Ressourcen; Laufzeit von 1994 bis 1996; Gesamthaushalt 2,2 Mill. DM; Beteiligung von 36 europäischen Ländern; Koordination durch die GGA-Leitung (Förderer: EG).

In der Aufbauphase des Kontinentalen Tiefbohrprogramms der Bundesrepublik Deutschland (KTB) lag die Koordination bei den GGA, bis 1985 die Projektgruppe KTB aufgebaut war.

Über die Großprojekte KTB und DEKORP wird in diesem Heft besonders berichtet (BEHR 1997, DÜRBAUM et al. 1997).

Publikationen und Berichtswesen

Für die Dokumentation der erarbeiteten Ergebnisse aus den genannten Aufgabenbereichen sowie den Arbeiten aus anderen geologischen Diensten aber auch von Hochschul- und anderen Geoinstituten stehen das Geologische Jahrbuch und die Zeitschrift für Angewandte Geologie zur Verfügung. An der Herausgabe sind die GGA beteiligt.

Das Geologische Jahrbuch ist seit 1973 in sechs fachliche Reihen gegliedert, innerhalb derer einzelne Hefte in zwangloser Folge erscheinen. In der Reihe E werden Ergebnisse aus der Geophysik einschließlich der Altersbestimmung - auch in englischer Sprache - veröffentlicht. Bisher sind 55 Hefte der Reihe E erschienen. Die Leistungen der GGA sind zusammenfassend niedergelegt in Tätigkeitsberichten, die aufgrund einer Auflage des Bundesländer-Ausschusses Bodenforschung ab 1966 verfaßt werden und ab 1969 in regelmäßigen Abständen von 2 Jahren erscheinen. Diese enthalten zahlreiche Erstveröffentlichungen über Forschungsergebnisse und bringen weitergehende Literatur; auch sind Schriften genannt, die aus Mitteln der GGA gedruckt worden sind.

Die Literaturliste gibt eine Auswahl insbesondere jüngerer Schriften wieder. Auf das umfangreiche Literaturverzeichnis in den Beiträgen zur 40-Jahr-Festschrift der GGA (HAHN & HOMILIUS 1988) sei verwiesen, ebenso auf die Beiträge von Wissenschaftlern der GGA zu einigen Lehrbüchern (BENTZ 1961, BENDER 1985, CLOSS 1961, SCHNEIDER 1973, 1988).

Literatur

BEHNKE, Cl. (1988): 40 Jahre GGA - Erschütterungsuntersuchungen. - Geol. Jb. A **109**: 175-184; Hannover.

BEHR, H. (1997): Die Geophysik im KTB aus der Sicht eines Geologen. - in Neunhöfer, H., Börngen, M., Junge, A. & Schweitzer, J. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland.

BENDER, F. (Hrsg.) (1985): Angewandte Geowissenschaft, 2: Methoden der Angewandten Geowissenschaften und mathematischen Verfahren in den Geowissenschaften. - 766 S.; Stuttgart (Enke).

BENTZ, A. (Hrsg.) (1961): Lehrbuch der Angewandten Geologie, 1: Allgemeine Methoden. - 1071 S.; Stuttgart (Enke).

BUNESS, H. (1995): Seismische Untersuchungen zur Erkundung des Grundgebirgshochs in Mittelfranken und angrenzenden Gebieten. - Bericht, BGR/NLFB-Archiv, 113 302; Hannover (unveröff.).

CERMAK, V. & HÄNEL, R. (Eds.) (1982): Geothermics and Geothermal Energy. - 299 pp.; Stuttgart (Schweizerbart).

CERMAK, V., BALLING, N., DELLA VEDOVA, B., LUCAZEAU, F., PASQUALE, V., PELLIS, G., SCHULZ, R. & VERDOYA, M. (1992): Heat flow density. - in Blundell, D., Freeman, R. & Mueller, St. (Eds.): A Continent Revealed - The European Geotraverse, Atlas of compiled data: 49-57, Map 13; Cambridge (University Press).

CLAUSER, C. & HUENGES, E. (1993): KTB thermal regime and heat transport mechanisms - current knowledge. - Scientific Drilling **3**: 271-281; Berlin.

- CLAUSER, C. & MARESCHAL, J.C. (1995): Ground temperature history in Central Europe from borehole temperature data. - *Geophys. J. Int.*, **121** (3): 805-817; Oxford.
- CLOSS, H. (Koord.) mit Beiträgen von 11 Autoren aus BfB/NLFB (1961): Methoden der angewandten Geophysik. - Abschn. 4 in Bentz, A. (Hrsg.): *Lehrbuch der Angewandten Geologie 1*: 422-956; Stuttgart (Enke).
- CLOSS, H. (1974): Die geophysikalische Reichsaufnahme und ihre Vorgeschichte. - in Birett, H., Helbig, K., Kertz, W. & Schmucker, U. (Hrsg.): *Zur Geschichte der Geophysik*: 115-130; Berlin Heidelberg New York (Springer).
- CLOSS, H. & BEHNKE, Cl. (1963): Progress in the use of seismic methods in the exploration of the earth's crust. - *Intern. Geol. Rev.* **5** (8): 945-956; Washington.
- CLOSS, H. & LABROUSTE, Y. (Réd.) (1963): *Recherches Sismologiques dans les Alpes Occidentales au Moyen des Grandes Explosions en 1956, 1958 et 1960*. - Mémoire collectif du Groupe d'Etudes des Explosions Alpines. - *Année Géophysique Internationale, Participation Française, Sér. XII, 2, Sismologie*: 241 p.; Paris (Centre Nat. Recherche Sci.).
- DÜRBAUM, H.-J., HAHN, A. & HOMILIUS, J. (1984): *Geophysik*. - (Festband 25 Jahre BGR und NLFB). - *Geol. Jb. A* **73**: 201-243; Hannover.
- DÜRBAUM, H.-J. & HINZ, K. (1997): *Geophysik in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover*. - in Neuhöfer, H., Börngen, M., Junge, A. & Schweitzer, J. (Hrsg.): *Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland*.
- DÜRBAUM, H.-J., DOHR, G. & MEIBNER, R. (1997): *Das Deutsche Kontinentale Reflexionsseismische Programm (DEKORP)*. - in Neuhöfer, H., Börngen, M., Junge, A. & Schweitzer, J. (Hrsg.): *Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland*.
- FROMM, K. (1985): *Das Labor für Gesteinsmagnetik des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung in der Außenstelle Grubenhagen*. - *Geol. Jb. E* **28**: 291-311; Hannover.
- FROMM, K., HAHN, A., PUCHER, R. & BOSUM, W. (1988): 40 Jahre GGA - Magnetik. - *Geol. Jb. A* **109**: 107-142; Hannover.
- FUCHS, K., MÜLLER, St., PETERSCHMITT, E., ROTHÉ, J.P., STEIN, A. & STROHBACH, K. (1963): *Krustenstruktur der Westalpen nach refraktionsseismischen Messungen*. - *Gerl. Beitr. Geophys.* **72**: 149-169; Leipzig.
- GEYH, M.A. (1980): *Einführung in die Methoden der physikalischen und chemischen Altersbestimmung*. - 276 S.; Darmstadt (Wiss. Buchges. Darmstadt).
- GEYH, M.A. (1983): *Physikalische und chemische Datierungsmethoden in der Quartärforschung*. - *Clausth. tekton. Hefte* **19**: 163 S.; Clausthal-Zellerfeld (Pilger).
- GEYH, M.A. (1988): *Methoden der Umweltisotope*. - Abschn. 4.4.2 in Schneider, H. (Hrsg.): *Die Wassererschließung*. - 3. Aufl.: 339-354; Essen (Vulkan).
- GEYH, M.A. (1988a): 40 Jahre GGA - Das ¹⁴C-Labor Hannover. - *Geol. Jb. A* **109**: 259-270; Hannover.
- GEYH, M.A. & SCHLEICHER, H. (1990): *Absolute Age Determination. Physical and Chemical Dating Methods and Their Application*. - 503 S.; Berlin Heidelberg New-York (Springer).
- GEYH, M.A., HENNIG, G.J., KRUCK, W. & SCHOLZ, R. (1987): *Strahlenbelastung in Niedersachsen durch den Reaktorunfall in Tschernobyl*. - *Informationen zur Raumentwicklung*, 1/2: 65-71; Bonn (Bundesforsch.-Anst. Landeskunde u. Raumordnung).
- GIESE, P., PRODEHL, C. & STEIN, A. (Eds.) (1976): *Explosion Seismology in Central Europe, Data and Results*. - 429 pp.; Berlin Heidelberg New York (Springer).
- GIESEL, W. (1988): 40 Jahre GGA - Gesteinsphysik und Hydraulik des Grundwassers. - *Geol. Jb. A* **109**: 237-249; Hannover.
- HÄNEL, R. (Ed.) (1980): *Atlas of Subsurface Temperatures in the European Community*. - 45 plates, 17 pp.; Hannover (Schäfer).
- HÄNEL, R. (Ed.) (1982): *The Urach Geothermal Project (Swabian Alb, Germany)*. - 419 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- HÄNEL, R., RYBACH, L. & STEGENA, L. (1988): *Handbook of terrestrial heat-flow density determination (Guidelines and recommendations of the International Heat-Flow Commission)*. - 499 pp.; Dordrecht (D. Reidel Publ. Comp.).
- HÄNEL, R. & STAROSTE, E. (Eds.) (1988): *Atlas of Geothermal Resources in the European Community, Austria and Switzerland*. - 110 plates; Hannover (Schäfer).
- HÄNEL, R. (1988): 40 Jahre GGA - Geothermik. - *Geol. Jb. A* **109**: 215-226; Hannover.
- HÄNEL, R. (1992): *Die Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung - eine Blaue Liste Einrichtung*. - *DGG Mitt.* 3/1992: 42-45; Hannover.
- HAHN, A. & BOSUM, W. (1986): *Geomagnetics - Selected Examples and Case Histories*. - *Geoexploration Monographs, Ser. 1* **10**: I-X, 1-166; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- HAHN, A. & HOMILIUS, J. (Koord.) (1988): *40 Jahre Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung*. - *Geol. Jb. A* **109**: 312 S.; Hannover.
- HILDEBRAND, G., BEHNKE, Cl. & DEPPERMAN, K. (1988): *Seismik in der Wassererschließung*. - Abschn. 4.2 in Schneider, H. (Hrsg.): *Die Wassererschließung*. - 3. Aufl.: 280-305; Essen (Vulkan).
- HOMILIUS, J. & FLATHE, H. (1988): *Geoelektrik in der Wassererschließung*. - Abschn. 4.1 in Schneider, H. (Hrsg.): *Die Wassererschließung*. - 3. Aufl.: 203-280; Essen (Vulkan).
- HOMILIUS, J. & VOGELSANG, D. (1988): 40 Jahre GGA - Geoelektrik. - *Geol. Jb. A* **109**: 195-213; Hannover.
- HURTER, S., SCHELLSCHMIDT, R. & CLAUSER, C. (1996): *Atlas of geothermal resources in Europe*. - *Zwischenbericht 4, BGR/NLFB-Archiv*, 114 771; Hannover (unveröffentl.).
- HURTIG, E., CERMAK, V., HAENEL, R. & ZUI, V. (Eds.) (1992): *Geothermal Atlas of Europe*. - 36 plates, 156 text pages; Gotha (Geograph.-Karthogr. Anstalt Gotha).
- JOBMANN, M. & CLAUSER, C. (1994): *Heat advection versus conduction at the KTB: Possible reasons for vertical variations in heat flow density*. - *Geophys. J. Int.* **119** (1): 44-68; Oxford.
- KAPPELMEYER, O. & HÄNEL, R. (1974): *Geothermics with special reference to application*. - *Geoexpl. Monogr.* **1** (4): 238 pp.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- KAPPELMEYER, O., MUNDY, E. & PSOTTA, M. (1963): *Vorausrechnung von Wittertemperaturen in trockenen Gruben*. - *Kali u. Steinsalz* **3**: 349-383; Essen.
- LORCH, S. (1988): 40 Jahre GGA - Bohrlochgeophysik und radio-metrische Verfahren. - *Geol. Jb. A* **109**: 227-235 Hannover.
- LORCH, S. (1988a): *Die Anwendung von Radionukliden zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes des Bodens*. -

- Abschn. 5.3.4.2 in Schneider, H. (Hrsg.): Die Wassererschließung. - 3. Aufl.: 441-451; Essen (Vulkan).
- MUNDRY, E. & DENNERT, U. (1980): Das Umkehrproblem in der Geoelektrik. - Geol. Jb. E **19**: 19-38; Hannover.
- MUNDRY, E. & HOMILIUS, J. (1979): Three-Layer Model Curves for Geoelectrical Resistivity Measurements - Schlumberger Array. - 19 pp., 615 sheets; Stuttgart (Schweizerbart).
- PLAUMANN, S. (1983): Die Schwerekarte 1:500 000 der Bundesrepublik Deutschland (Bouguer-Anomalien), Blatt Nord. - Geol. Jb. E **27**: 3-16; Hannover.
- PLAUMANN, S. (1987): - Karte der Bouguer-Anomalien in der Bundesrepublik Deutschland 1:1 500 000. - Geol. Jb. E **40**: 3-7; Hannover.
- PLAUMANN, S. (1988): 40 Jahre GGA - Gravimetrie. - Geol. Jb. A **109**: 99-105; Hannover.
- PLAUMANN, S. (1991): Die Schwerekarte 1:500 000 der Bundesrepublik Deutschland (Bouguer-Anomalien), Blatt Mitte. - Geol. Jb. E **46**: 3-17; Hannover.
- PLAUMANN, S. (1995): Die Schwerekarte 1:500 000 der Bundesrepublik Deutschland (Bouguer-Anomalien), Blatt Süd. - Geol. Jb. E **53**: 3-13; Hannover.
- PUCHER, R. & HAHN, A. (1980): Flächenhafte Erfassung der Anomalien der Totalintensität des erdmagnetischen Feldes im Raum Bayerische Alpen - Tirol - Vorarlberg; Rückschlüsse auf Strukturen des Untergrundes. - Bundesministerium für Forschung und Technologie: Forsch.-Ber. T 80-041: 47 S.; Eggenstein, Leopoldshafen (Fachinformationszentrum).
- REICHERT, J.C. (1993): Ein geophysikalischer Beitrag zur Erkundung der Tiefenstruktur des Nordwestdeutschen Beckens längs des refraktionsseismischen Profils Norddeutschland 1975/76. - Geol. Jb. E **50**: 87 S.; Hannover.
- REPSOLD, H. (1989): Well logging in groundwater development. - Intern. Cont. to Hydrogeology **99**: 1-136; Hannover (Heinz Heise).
- REPSOLD, H. & MUNDRY, E. (1990): Resistivity master curves for multiple-point resistivity measurements in boreholes. - Layers of infinite thickness - normal and lateral arrays. - (Kurvensammlung, Text in deutsch und englisch) - 1-311; Stuttgart (Schweizerbart).
- REPSOLD, H. & SCHNEIDER, E. (1988): Bohrlochmessungen bei der Wassererschließung. - Abschn. 4.3 in Schneider, H. (Hrsg.): Die Wassererschließung. - 3. Aufl.: 305-324; Essen (Vulkan).
- SHELLSCHMIDT, R. & SCHULZ, R. (1991): Hydrogeothermic studies in the Hot Dry Rock Project at Soultz-sous-Forêts. - Geotherm. Sci. & Tech. **3**: 217-238; New York (Gordon and Breach Sci. Pub.).
- SCHNEIDER, H. (Hrsg.) (1973): Die Wassererschließung. - 886 S., 2. Auflage; Essen (Vulkan). - 3. Auflage; 1988.
- SCHULZ, R., HAENEL, R. & KOCKEL, F. (1992): Explanatory text and catalogue of the heat flow density data of the Federal Republic of Germany - Western Federal States. - in Hurtig, E., Cermak, V., Haenel, R. & Zui, V. (Eds.): Geothermal Atlas of Europe: 34-37, 115; Gotha (Geographisch-Kartogr. Anstalt).
- SCHULZ, R., WERNER, R., RUHLAND, J. & BUSSMANN, W. (Hrsg.) (1992): Geothermische Energie - Forschung und Anwendung in Deutschland. - 216 S.; Karlsruhe (C.F. Müller).
- SPITZER, K. (1995): A 3-D finite-difference algorithm for DC resistivity modelling using conjugate gradient methods. - Geophys. J. Int. **123** (3): 903-914; Oxford.
- STEIN, A. & BEHNKE, Cl. (1988): 40 Jahre GGA - Seismische Untersuchungen des Untergrundes. - Geol. Jb. A **109**: 143-161; Hannover.
- STEINWACHS, M. (1974): Systematische Untersuchung der kurzperiodischen seismischen Bodenunruhe in der Bundesrepublik Deutschland. - Geol. Jb. E **3**: 59 S.; Hannover.
- STEINWACHS, M. (1988): 40 Jahre GGA - Angewandte Seismologie. - Geol. Jb. A **109**: 155-193; Hannover.
- THIERBACH, R. (1974): Electromagnetic Reflections in Salt Deposits. - J. Geophys. **40**: 633-637; Berlin.
- THIERBACH, R. (1988): 40 Jahre GGA - Geophysik im Bergbau. - Geol. Jb. A **109**: 251-257; Hannover.
- THIERBACH, R. (1994): Twenty Years of Ground Probing Radar in Salt and Potash Mines. - Proc. 5th Int. Conf. Ground Probing Radar **3**: 957-979; Kitchener, Ontario, Canada.
- VOGELANG, D. (1993): Geophysik an Altlasten, Leitfaden für Ingenieure, Naturwissenschaftler und Juristen. - 2. erw. Auflage, 1-179; Berlin Heidelberg (Springer).
- VOGELANG, D. (1994): Environmental Geophysics - A Practical guide. - 173 p; Berlin (Springer).
- WIEDERHOLD, H. (1992): Interpretation of envelope-stacked 3D seismic data and its migration - another approach. - KTB Report 92-5, 67-113, Nieders. Landesamt f. Bodenforschung, Hannover.
- WONIK, T. & HAHN, A. (1989): Karte der Magnetfeldanomalien ΔF - Bundesrepublik Deutschland, Luxemburg, Schweiz und Österreich (westlicher Teil) 1:1 000 000. - Geol. Jb. E **43**: 3 -21; Hannover.
- WONIK, T. (1991): Ergebnisse multivarianter Analysemethoden für zwei Sedimentbohrungen. - Geol. Jb. E **48**: 335-352; Hannover.
- WONIK, T., GALDÉANO, A., HAHN, A. & MOUGE, P. (1992): Magnetic Anomalies. - in Blundell, D., Freeman, R. & Mueller, St. (Eds.): A Continent Revealed - The European Geotraverse, Atlas of Compiled Data: 31-34, Map 10; Cambridge (University Press).

Zur Geschichte des Instituts für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig

Franz Jacobs & Michael Börngen

Das Institut für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig wurde 1993 gegründet und versteht sich als Nachfolger des Geophysikalischen Instituts (1913-1969), des Geologisch-Paläontologischen Instituts (1895-1965) und des Instituts für Geophysikalische Erkundung (1958-1969).

Leipziger geophysikalische Traditionen

Zur Eröffnung der 10. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, am 4. Okt. 1932, hat ihr damaliger Vorsitzender, Ernst Kohlschütter, die geophysikalischen Traditionen Leipzigs kurz umrissen: *"Als ein erfolgsverheißendes Symbol können wir es betrachten, daß das uralte Kulturzentrum Leipzig, das eine der ältesten deutschen Universitäten beherbergt, die Gründungsstätte unserer Gesellschaft ist. Denn wie zu allen anderen Wissenschaftszweigen hat Leipzig zur Geophysik viele und enge Beziehungen"*. Er erinnerte u.a.

- an den in Leipzig geborenen Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), dessen Differential- und Integralrechnung auch für den Geophysiker ein unentbehrliches Werkzeug darstellt,

- an Heinrich Wilhelm Brandes (1777-1834), der die ersten, noch sehr bescheidenen, Wetterkarten schuf und wesentliche Vorarbeiten für die 1835 erfolgte Gründung des Leipziger Physikalischen Instituts geleistet hat,

- an Wilhelm Weber (1804-1891), der aus Göttingen kommend als Inhaber der Leipziger Physikprofessur seine mit Carl Friedrich Gauß (1777-1855) begonnenen erdmagnetischen Beobachtungen fortsetzte und in der Nähe des Leipziger Augustusplatzes eine geomagnetische Warte errichten ließ,

- an Karl Christian Bruhns (1830-1881), der als Direktor der Leipziger Universitätssternwarte das sächsische meteorologische Beobachtungsnetz eingerichtet und geleitet sowie zur Gründung der Internationalen Meteorologischen Organisation und zur Durchführung der sächsischen Triangulationsmessungen im Rahmen der Mitteleuropäischen Gradmessung beigetragen hat, und

- an Hermann Credner (1841-1913), der sich in hervorragender Weise um die Erdbebenforschung verdient gemacht hat und auf dessen Initiative das Paläontologische Institut an der Universität Leipzig gegründet wurde.

Was über die Beziehungen Leipzigs zur Geophysik gesagt wurde, gilt wohl in noch stärkerem Maße für die Verbindung zur Geologie. Gerade die Leipziger Universität ist diejenige, *"die dem Studium der Geologie und Paläontologie einen besonders günstigen Boden bietet als Hochschule eines Königreiches, welches namentlich der ersten dieser Disciplinen das Leben gegeben und so reiche Nahrung und Förderung gewährt hat, wie kaum ein anderes deutsches Land"*, resümierte CREDNER (1895). Bereits Georgius Agricola (1494-1555) und Abraham Gottlob Werner (1749-1817) hatten an der Leipziger Universität studiert. Sie erhielt endgültig ihre überragende Bedeutung für die Geowissenschaften, als 1842 Carl Friedrich Nau-

mann (1797-1873) die Bergakademie Freiberg verließ, um die in Leipzig neugeschaffene Professur für Mineralogie und Geognosie zu übernehmen.

Das Geologisch-Paläontologische Institut der Universität Leipzig

Die Gründung des Leipziger Geologisch-Paläontologischen Instituts hängt ursächlich mit der am gleichen Ort 1872 geschaffenen "Geologischen Landesuntersuchung des Königreichs Sachsen" zusammen. Mit deren Leitung war Hermann Credner (Abb. 1), seit 1871 Professor an der hiesigen Universität, beauftragt worden. Die Landesuntersuchung hatte als Aufgabe, *"die möglichst genaue Erforschung des geologischen Baus, des Mineralreichtums und der Bodenverhältnisse des Königreiches sowie die Nutzbarmachung der gewonnenen Resultate für die Wissenschaft, die Land- und Forstwirtschaft, für Bergbau und Verkehr sowie die übrigen Zweige technischer Betriebsamkeit"* (CREDNER 1894). Nach 23 Jahren konnte Credner den Abschluß dieser Arbeiten melden. Damit war Sachsen das erste Land der Welt, daß eine vollständige geologische Spezialkartierung im Maßstab 1:25000 besaß.



Abb. 1: Hermann Credner (1841-1913) (aus WAHNSCHAFFE 1913)

Diesen günstigen Zeitpunkt nutzte Hermann Credner, um die Errichtung eines Paläontologischen Instituts an der Universität Leipzig zu beantragen. Bereits Oktober 1895 wurde dazu vom Sächsischen Ministerium des Kultus und öffentlichen Unterrichts in Dresden die Genehmigung erteilt. Räumlich (in der Talstraße 35) wie auch durch Personalunion des Institutsdirektors und des Leiters der zunächst weiter bestehenden Landesuntersuchung blieben beide Einrichtungen in enger Verbindung.

Credner hat bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand 1912 intensiv den Aufbau einer umfangreichen geologisch-paläontologischen Sammlung betrieben und mit über 120 wissenschaftlichen Arbeiten die von ihm gepflegten Wissenschaften wesentlich befördert. Sein Werk "Elemente der Geologie" (CREDNER 1912), das insgesamt elf Auflagen erlebte, galt für viele Jahrzehnte als *das* geologische Lehrbuch. Im Rahmen der Landesuntersuchung wurden die geologischen Übersichtskarten von Sachsen im Maßstab 1:250000 und 1:500000 erarbeitet und Kartierungsarbeiten für die zweite Auflage vorgenommen.

Hermann Credners Verdienste um die Seismologie fanden eingangs Erwähnung. In den 70er Jahren des 19. Jh. wurde in Sachsen die Aufmerksamkeit verstärkt auf spürbare Erdbeben gelenkt. Dies veranlaßte Credner, ab 1875 genaue Informationen über solche Ereignisse zu sammeln und auszuwerten. Bis 1897 wurden 38 Beben bemerkt, von denen allein 22 auf das Vogtland entfielen. 1898 gründete Credner für das Land Sachsen eine Erdbebenkommission, der 55 Personen aus ganz Sachsen angehörten, die als 'Erdbebenreferenten' eigene und über Fragebogen eingezogene Beobachtungen zu Erderschütterungen sammelten. Daneben wurden Eisenbahnstationen von ihrer Direktion angewiesen, von eventuellen Erderschütterungen sofort Meldung zu machen. Zur Ergänzung der phänomenologischen Beobachtung richtete Credner 1902 im Keller des Hauses Talstraße 35 eine Erdbebenwarte ein. Ihr Standort ist noch heute an einem verblaßten Hinweis an der hofseitigen Hauswand des Institutsgebäudes zu erkennen. Die vom Observator Franz Etzold (1859-1928) betreute Warte war mit einem von Emil Wiechert (1861-1928) konstruierten Pendelseismometer mit einer Masse von 1,1 Tonnen ausgerüstet (Abb. 2). Eine ca. 250fache Vergrößerung ermöglichte in damals ausreichender Qualität die Aufzeichnung sowohl der Beben aus dem sächsisch-vogtländischen Raum als auch der Fernbeben (MEYER 1981).

Um 1910 erfolgte eine Neuordnung der Lehrstühle. Die geologische Disziplin wurde von der Mineralogie abgekoppelt und mit der Paläontologie verknüpft. Seit dieser Zeit gab es an der Universität Leipzig ein Mineralogisch-Petrographisches sowie ein Geologisch-Paläontologisches Institut.

Nach einem kurzen Interregnum Hans Stilles (1876-1966) wurde 1913 Franz Kossmat (1871-1938, Abb. 3) auf den geologisch-paläontologischen Lehrstuhl berufen und zum Direktor der Landesuntersuchung ernannt. Unter seiner Leitung hatte das Leipziger Institut "*nicht nur im Rahmen deutscher, sondern überhaupt europäischer Forschung unzweifelhaft die Führung übernommen*", urteilte die Phi-

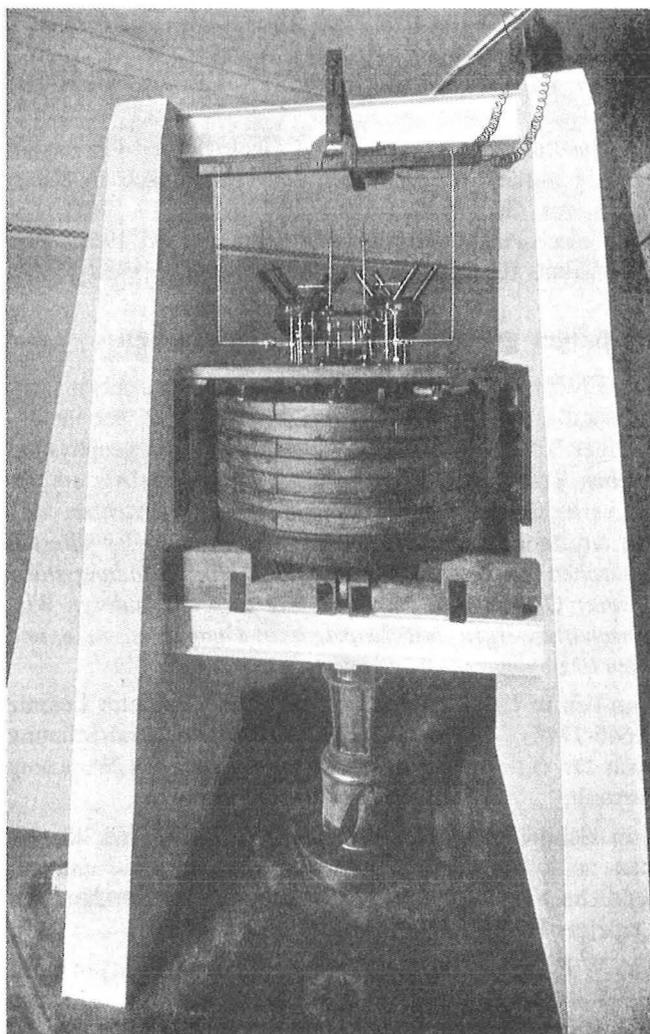


Abb. 2: Das Wiechertsche astatische Pendelseismometer. Pendelmasse, Dämpfungstrommeln und Hebelvorrichtungen sind durch Entfernung der Registrierstreifen und ihres Triebwerkes sichtbar gemacht worden (aus CREDNER 1909).

losophische Fakultät der Universität Leipzig (UAL, PF Bd. 2/20⁵⁰). Außer wichtigen Arbeiten zur Geologie Sachsens im Rahmen der Landesuntersuchung machte sich Kossmat besonders um die geologische Erforschung des Balkans verdient. Er fand dabei Unterstützung bei einer Schar tatkräftiger Geologen mit C.W. Kockel (1898-1966) an der Spitze. Zum weiteren Ausbau der Bibliothek und der Sammlungen des Instituts hat vor allem Johannes Felix (1859-1941) durch eine Vielzahl reicher Schenkungen beigetragen.

Auch Franz Kossmat widmete der Geophysik die gebührende Aufmerksamkeit. Von besonderer Bedeutung ist die gemeinsam mit H. Lissner erarbeitete Schwerekarte von Mitteleuropa (Abb. 4, KOSSMAT 1920). Sie schuf Einblicke in die Dichteverteilung der Erdkruste und ermöglichte damit Aussagen zu Bau und Genese des gezeigten Gebietes. In zahlreichen darauf folgenden Veröffentlichungen hat sich Kossmat eingehend mit dem Problemkreis Gravimetrie - Isostasie - Gebirgsbildung auseinandergesetzt. Er

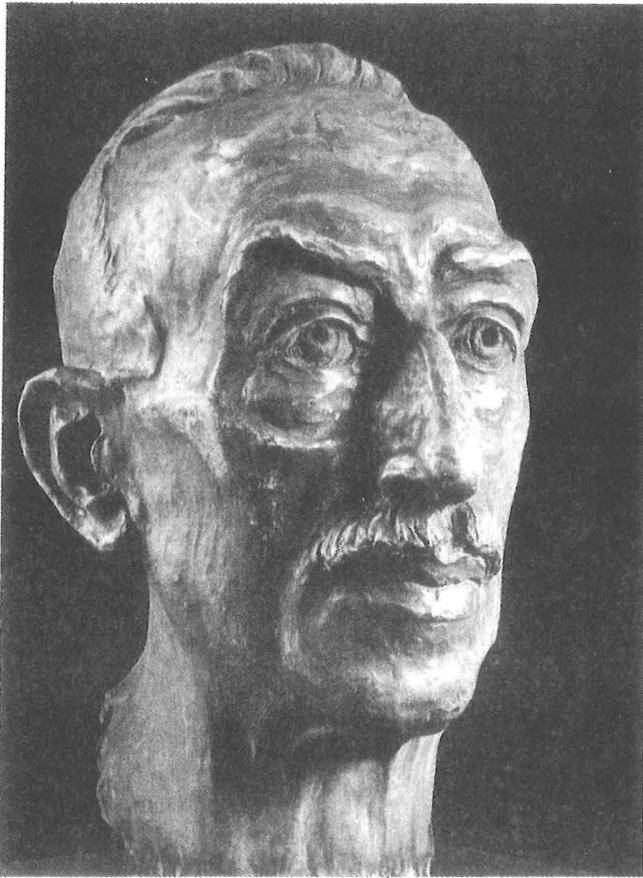


Abb. 3: Franz Kossmat (1871-1938) (Foto: Institutsarchiv)

hat im September 1922 die Seismologische Gesellschaft, die spätere Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG), mit aus der Taufe gehoben und gehörte einige Jahre ihrem Vorstand an.

Aus gesundheitlichen Gründen ließ sich Kossmat 1934 vorzeitig emeritieren. Der Mineraloge und Petrograph Karl Hermann Scheumann (1881-1964) wurde als Stellvertretender Direktor eingesetzt. Die wissenschaftliche Leitung des Instituts vertraute man Erich Krenkel (1880-1964) an, der sich besonders mit seiner dreibändigen "Geologie Afrikas" einen Namen gemacht hatte. Kurt Pietzsch (1884-1964), der spätere Autor der ausgezeichneten "Geologie von Sachsen" (PIETZSCH 1962), übernahm das Sächsische Geologische Landesamt, wie es offiziell seit 1924 hieß. Diese Behörde wurde 1937 - gegen den massiven Widerstand der Leipziger Universität (UAL, PF Bd. 1/14¹²) - nach Freiberg verlegt und ging 1939 als Außenstelle Freiberg/Sa. im Reichsamts für Bodenforschung auf.

Trotz intensiver Bemühungen der Philosophischen Fakultät gelang es nicht, für Kossmat einen ebenbürtigen Nachfolger zu finden. 1936 wurde das Direktorat, zunächst für ein Jahr kommissarisch, dem vor allem paläontologisch tätigen Rudolf Heinz (1900-1960) übertragen. Heinz, politisch nicht unumstritten, hatte kaum Gelegenheit zu ruhiger wissenschaftlicher Arbeit gehabt. Seine ersten Amtsjahre waren mit den Folgen des verordneten Umzugs des Geologischen Landesamtes nach Freiberg ausgefüllt. Dann brach

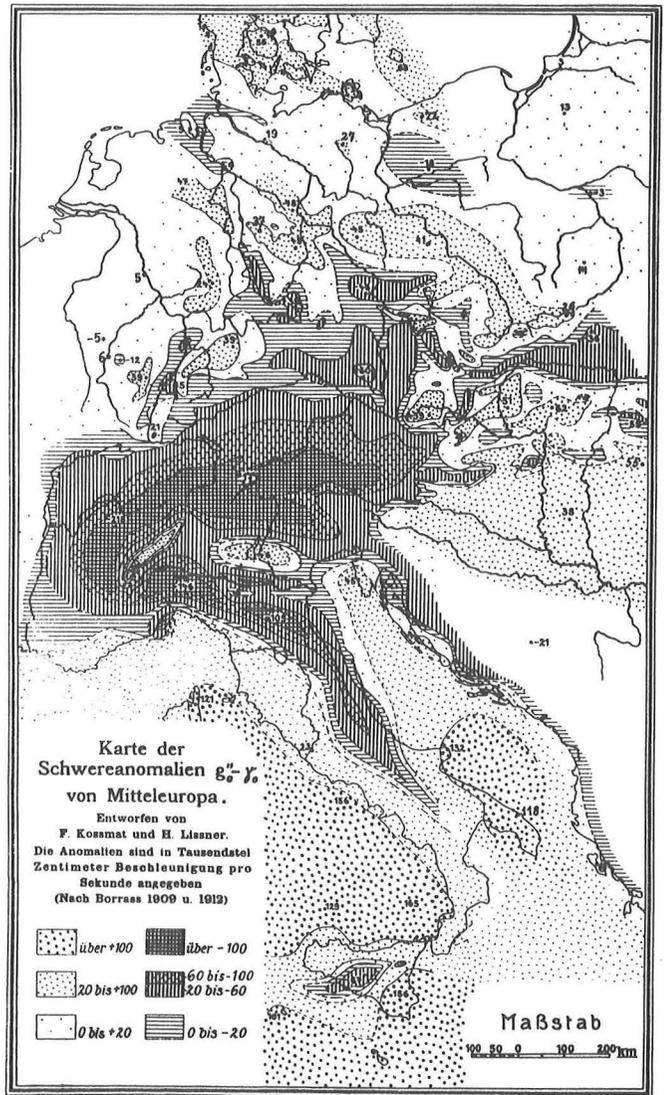


Abb. 4: Schwerekarte von Mitteleuropa, gezeichnet von F. Kossmat und H. Lissner (aus KOSSMAT 1920)

der Zweite Weltkrieg aus. Viele Mitarbeiter erhielten Einberufungsbefehle. Durch die Bombenangriffe auf Leipzig wurden zahlreiche Universitätsgebäude zerstört. Einige Institute fanden in der weitgehend unversehrt gebliebenen Talstraße 35 Aufnahme. Der Platzbedarf der Fremdinstitutionen konnte aber nur durch Verlagerung der kostbaren Geologisch-Paläontologischen Sammlung befriedigt werden, was erhebliche Verluste zur Folge haben sollte. Schließlich wurden Juni 1945 von den Amerikanern, kurz vor der Übergabe Leipzigs an die sowjetische Besatzungsmacht, zahlreiche Universitätsangehörige, darunter Krenkel und Scheumann, nach Weilburg an der Lahn gebracht.

1950 wurde Robert Lauterbach (1915-1995) kommissarisch mit der Leitung des Instituts betraut. Er war Schüler Weickmanns wie auch Kossmats und somit ausgezeichnet vorbereitet, die Fachrichtungen Geophysik und Geologie gleichermaßen zu fördern. Der Einsatz geophysikalischer Methoden in der geologischen Erkundung stand im Mittelpunkt von Lehre und Forschung. Daneben kümmerte sich Lauterbach besonders um Erhalt und Neuordnung der

geologisch-paläontologischen Sammlungen, so daß sie Mitte der 50er Jahre im wesentlichen wieder zugänglich waren. Erfolglos blieben jedoch die Bemühungen, den nach dem Zweiten Weltkrieg vakanten Lehrstuhl für Geologie und Paläontologie wieder zu besetzen. So wurde 1965 entschieden, das Geologisch-Paläontologische Institut dem inzwischen entstandenen Institut für Geophysikalische Erkundung anzuschließen.

Das Geophysikalische Institut und seine Observatorien

Das am 1. Jan. 1913 gegründete Geophysikalische Institut der Universität Leipzig ist nach Göttingen das zweitälteste Geophysikinstitut in Deutschland. Es ist vor allem dem Engagement von Otto Wiener (1862-1927), dem Direktor des Physikalischen Instituts, zu verdanken, der in seinem Bemühungen tatkräftig durch den Direktor der Universitätssternwarte, Heinrich Bruns (1848-1919), unterstützt wurde. In der Begründung heißt es: *"Aus der allgemeinen Erdkunde hat sich im Laufe der Zeit immer bestimmter die Geophysik als eine gesonderte und selbständige Disziplin herausgelöst, und zwar als die Lehre von denjenigen irdischen Vorgängen, deren erfolgreiche Untersuchung nur mit dem Rüstzeug des mathematisch geschulten Physikers durchzuführen ist"* (UAL, PA319, Bl.3). Wiener und Bruns traten für ein Institut ein, das im Interesse der sich rasch entwickelnden Luftfahrt zunächst auf die Physik der Atmosphäre ausgerichtet war. Da aber später auch die feste Erde und die Hydrosphäre ins Programm von Lehre und Forschung aufgenommen werden sollten, erhielt die Neugründung den Namen "Geophysikalisches Institut".

Von Anfang an dachte man bei der Besetzung des Lehrstuhls für Geophysik - neben Alfred Wegener (1880-1930) - an den Norweger Vilhelm Bjerknes (1862-1951), *"als der Hervorragendste der ganzen Welt auf dem Gebiete der dynamischen Meteorologie"* (UAL, PA319, Bl.13). Geradezu prophetisch meinte Wiener: *"An die richtige Stelle gesetzt, würde er eine neue Epoche der Meteorologie herbeiführen"* (UAL, PA319, Bl.13). 1913 nahm Bjerknes seine Tätigkeit an der Leipziger Universität auf, um sich vor allem dem Problem der Wettervorhersage zu widmen. Durch den Ersten Weltkrieg ließ sich leider der Abbruch der Arbeiten nicht vermeiden. Im Frühjahr 1917 legte Bjerknes im Einvernehmen mit der Universität die Leitung des Instituts nieder und folgte einem Ruf nach Bergen. So erfuhren seine Leipziger Arbeiten ihre Krönung mit der wegweisenden Polarfronttheorie erst im heimatlichen Norwegen. In einer Rede zur 25-Jahr-Feier des Geophysikalischen Instituts 1938 betonte er jedoch: *"Wie unscheinbar von außen gesehen der Anteil Leipzigs an den Enderfolgen in Bergen scheinen kann, so ist dieser Anteil nicht bloß groß, sondern für den Erfolg unentbehrlich gewesen"* (BJERKNES 1938).

Bevor Bjerknes wegging, empfahl er seinen Mitarbeiter Robert Wenger (1886-1922) als Nachfolger. Unter Wengers nur wenige Jahre währender Institutsleitung zog das Institut aus der Nürnberger Straße 57 (Hintergebäude) in die Talstraße 38.



Abb. 5: Ludwig Weickmann (1882-1961) (Foto: Archiv des Instituts für Länderkunde)

1923 übernahm Ludwig Weickmann (1882-1961, Abb. 5) die Leitung des Geophysikalischen Instituts. Unter dessen Direktorat von 1923 bis 1945 nahm das Institut eine beispielhafte Entwicklung. Weickmann war ein hervorragender Lehrer und erfolgreicher Wissenschaftsorganisator. Aus dem Wetterdienst kommend, bemühte er sich vor allem um die Weiterentwicklung der Synoptik und der praktischen Wetterkunde. Durch die vielbeachtete - gemeinsam mit russischen Kollegen durchgeführte - Polarfahrt des Luftschiffs LZ 127 "Graf Zeppelin" im Jahre 1931 (WEICKMANN & MOLTCHANOFF 1931) wurde Weickmann einer breiten Öffentlichkeit bekannt.

Seinen unverwechselbaren Charakter erhielt das Institut durch das Geophysikalische Observatorium Collm (Abb. 6), das dank Weickmanns Organisationstalent trotz schwieriger wirtschaftlicher Bedingungen in fünfjähriger Bauzeit errichtet wurde. Die offizielle Einweihung geschah anlässlich der 10. Tagung der DGG im Oktober 1932.

Diese Jubiläumstagung der inzwischen auf knapp 200 Mitglieder angewachsenen Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft fand in Leipzig vom 4. bis 6. Okt. 1932 statt. Es wurden 28 Fachvorträge gehalten, von denen sechs Vorträge Elektrik, Magnetik und Elektromagnetismus, sechs Vorträge Seismik und Seismologie und fünf Vorträge

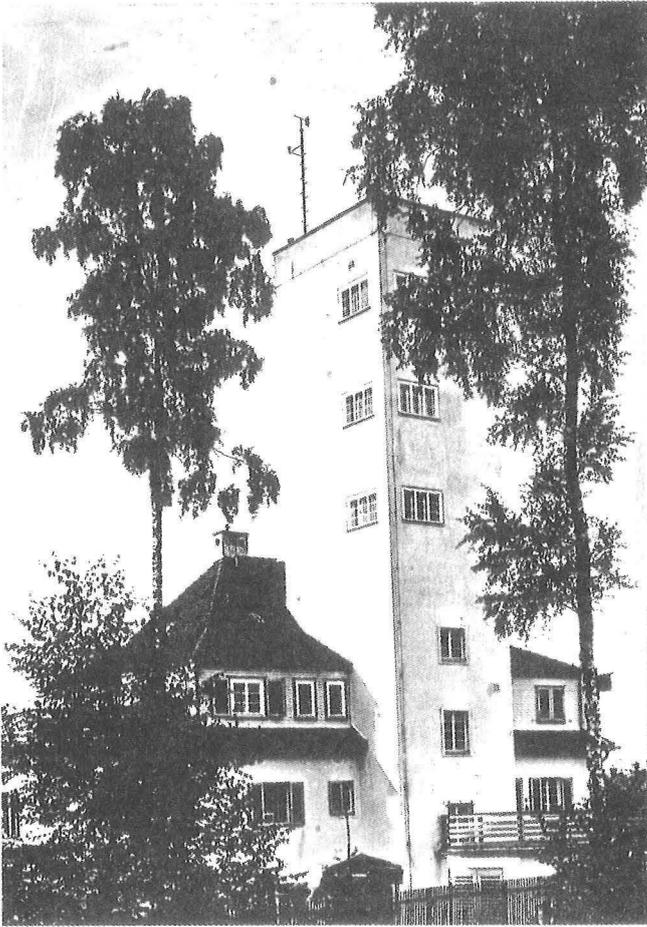


Abb. 6: Geophysikalisches Observatorium Collm (Foto: Institutsarchiv)

Gravimetrie zum Inhalt hatten. Auch eine Geräteausstellung gab es damals: die Askania-Werke Friedenau hatten in den oberen Räumen der Talstraße 38 ihre neuesten geophysikalischen Instrumente präsentiert.

Den Abschluß der Tagung - und für die Leipziger Geophysik Höhepunkt - bildete eine Exkursion zum neuen Geophysikalischen Observatorium Collm, wo die feierliche Schlüsselübergabe seitens der Bauverwaltung an Ludwig Weickmann stattfand.

Die in den nächsten Jahren erfolgte Fertigstellung und Einrichtung der Nebengebäude des Observatoriums ermöglichte die angestrebte Erweiterung des Institutsspektrums auf die Bereiche der festen Erde (vorrangig Seismologie). Der Seismograph des Geologisch-Paläontologischen Instituts wurde nach gründlicher Überholung zum Collm gebracht, wo er seit 1935 bis heute einwandfrei arbeitet (MEYER 1981).

Ludwig Weickmann gehörte fast während der gesamten Vorkriegszeit, bis auf die satzungsgemäßen Unterbrechungen, dem Vorstand der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft an und wurde mehrfach zum Stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Von 1940 bis 1945 war er zudem Präsident der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, die seit ihrer Gründung 1846 als Königlich

Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig geophysikalische Unternehmen finanziell unterstützt hatte. Die Errichtung der Weberschen erdmagnetischen Warte und der Crednerschen Erdbebenwarte sowie die Publikation ihrer Meßergebnisse wären ohne Hilfe der Gelehrtenvereinigung nur schwer zu bewerkstelligen gewesen.

Der Zweite Weltkrieg und seine Folgen trafen das Geophysikalische Institut besonders hart. Bei dem furchtbaren Bombenangriff auf Leipzig am 4. Dez. 1943 wurde das Institutsgebäude zerstört. Im Juni 1945 gehörte auch Weickmann zu den Wissenschaftlern, die in die amerikanische Besatzungszone gehen mußten. Sein Wunsch nach Rückkehr an seine Leipziger Wirkungsstätten ging nicht in Erfüllung. Ludwig Weickmann hat sich später in Westdeutschland große Verdienste beim Aufbau des Wetterdienstes erworben.

Nach dem Krieg wurde das Geophysikalische Institut von Walter Hesse (1915-1979) wieder arbeitsfähig gemacht und kommissarisch geleitet. Um 1950 fand es sein Domizil in der Schillerstraße 6. Die Institutsdirektoren und Lehrstuhlinhaber Max Robitzsch (1887-1952), Karl Schneider-Carius (1896-1959) und Horst Philipps (1905-1962) verstarben sämtlich nach nur wenigen Amtsjahren. Zuletzt wurde des Institut kommissarisch von Friedrich Kortüm (1912-1993) geführt (HUPFER 1991).

Der häufige Direktorenwechsel war eine wesentlicher Grund, daß das Geophysikalische Institut der Universität Leipzig nach 1945 nicht wieder seine frühere Bedeutung erlangen konnte. Gleichwohl sind einige interessante Entwicklungen festzuhalten: der Ausbau der Industriemeteorologie und die Aufnahme der Forschungen zur Physik der Hochatmosphäre am Observatorium Collm. 1957 wurde das Maritime Observatorium Zingst gegründet. Damit war 44 Jahre nach Institutsgründung das erklärte Ziel erreicht, alle drei Teildisziplinen der Geophysik - entsprechend den drei Erdsphären - in einem Institut zu vereinigen.

Bis zur Auflösung des Geophysikalischen Instituts Ende der 60er Jahre gaben seine Direktoren die "Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig" heraus, die vor allem die hier angefertigten Dissertationen publizierte.

Das Institut für Geophysikalische Erkundung (und Geologie)

Im seit 1945 zunächst weitgehend verwaisten Geologisch-Paläontologischen Institut stand nach der Berufung Robert Lauterbachs (Abb. 7) zu Beginn der 50er Jahre die angewandte Geophysik im Zentrum der wissenschaftlichen Arbeit. Die Ansiedlung des Geophysikalischen Dienstes, des späteren VEB Geophysik, ermöglichte in Leipzig eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Praxis. Folgerichtig kam es am 1. März 1958 zur Gründung des Instituts für Geophysikalische Erkundung, das 1965 unter Einschluß des Geologisch-Paläontologischen Instituts zum Institut für Geophysikalische Erkundung und Geologie erweitert wurde.

Seit Beginn seiner Institutsleitung hatte es Lauterbach verstanden, eine immer größer werdende Zahl von Studen-



Abb. 7: Robert Lauterbach (1915-1995) (Foto: Institutsarchiv)

ten um sich zu scharen, die an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät den akademischen Grad eines Diplom-Geophysikers erwarben. In der Forschung sind besonders Verfahren der Mikromagnetik (Abb. 8) und der Gammaskpektrometrie entwickelt und erfolgreich eingesetzt worden. Viele Arbeitsergebnisse wurden in der von Lauterbach herausgegebenen Zeitschrift mit dem programmatischen Titel "Geophysik und Geologie - Beiträge zur Synthese zweier Wissenschaften" veröffentlicht.

Bereits wenige Wochen nach seiner Gründung stand das Institut für Geophysikalische Erkundung vor einer ersten großen Bewährungsprobe. Die 22. Jahrestagung der DGG wurde vom 2. bis 5. Mai 1958 in Leipzig durchgeführt. Die auswärtigen Teilnehmer kamen aus der UdSSR, China, Polen, Ungarn, Rumänien und der CSR. Das von Robert Lauterbach geleitete Programm bestand aus einem Festvortrag, 43 Fachvorträgen und 5 Exkursionen. Auf der Mitgliederversammlung wurde Lauterbach zu einem der Stellvertretenden Vorsitzenden gewählt.

Es sollte die einzige Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft bleiben, die während der DDR-Zeit auf ostdeutschem Gebiet stattgefunden hat.

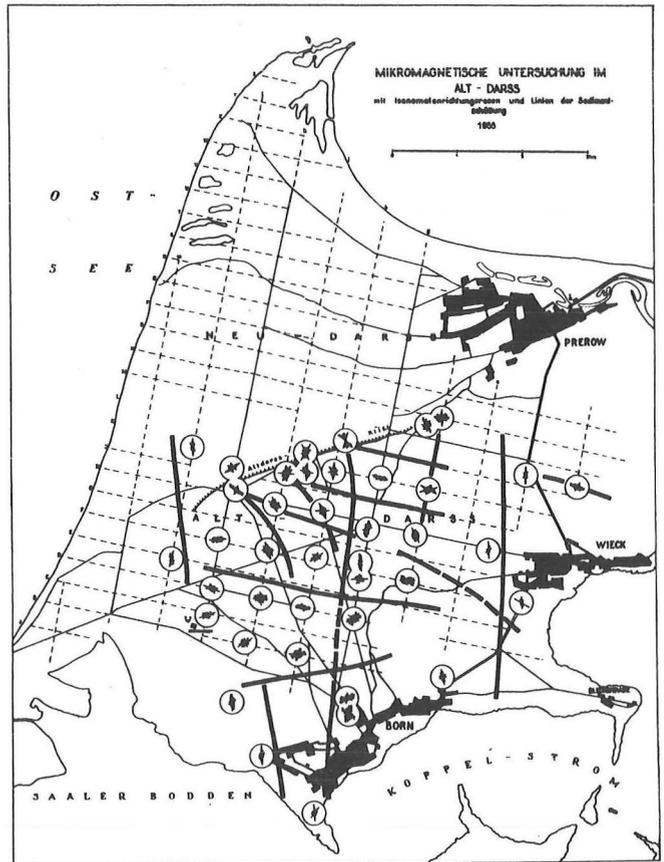


Abb. 8: Mikromagnetische Messungen zur Ermittlung der Hauptsedimentstrukturen auf dem Alt-Darß (aus LAUTERBACH 1955/56)

Der Wissenschaftsbereich Geophysik

Die 1968 beginnende dritte Hochschulreform bedeutete die Auflösung sämtlicher geowissenschaftlicher Institute an der Universität Leipzig. Studenten dieser Fächer konnten nicht mehr immatrikuliert werden. Das traditionsreiche Mineralogisch-Petrographische Institut wurde zur Arbeitsgruppe Kristallographie an der Sektion Chemie reduziert, das Geographische Institut nach Halle verlegt. Einige Wissenschaftler des Geophysikalischen Instituts gingen nach Berlin, wo ab 1971 allein die Meteorologenausbildung durchgeführt werden durfte. Die übrigen Mitarbeiter und die Einrichtungen des Geophysikalischen Instituts bildeten mit dem Institut für Geophysikalische Erkundung und Geologie den Fachbereich (später Wissenschaftsbereich) Geophysik der neugegründeten Sektion Physik.

Trotz institutioneller Reduzierung wurde in einem breiten Spektrum geforscht: Seismologie, angewandte Geophysik, speziell Seismik, Ozeanologie, Ionosphärenforschung, Umweltforschung. Sogar die Studentenausbildung kam nie ganz zum Erliegen: Physiker aus Leipzig, Geophysiker aus Freiberg, mehrere Dutzend Fernstudenten, eine größere Zahl von ausländischen Studierenden schlossen hier ihr Diplom oder ihre Promotion ab. Außerdem wurde die Uni-

versität Leipzig zum Zentrum der postgradualen Weiterbildung für Geowissenschaftler in der damaligen DDR. Fortsetzung fand auch die seit 1913 währende Tradition der geowissenschaftlichen Zeitschriften der Leipziger Universität; durch Vereinigung der Zeitschriften der Vorgängereinstitute entstand die Schriftenreihe "Geophysik und Geologie - Geophysikalische Veröffentlichungen der Universität Leipzig".

Die Wiedervereinigung und das Institut für Geophysik und Geologie

Die Vereinigung Deutschlands und die Erneuerung des Hochschulwesens im Freistaat Sachsen machten an der Leipziger Universität die Wiederbelebung mehrerer geowissenschaftlicher Fachrichtungen möglich. Bereits 1990 wurden wieder Studenten in den Fachrichtungen Geophysik und Meteorologie immatrikuliert.

In diese Jahre des Neubeginns fiel die vom 31. März bis 3. April 1992 stattfindende 52. Jahrestagung der DGG. An Leipzig als Tagungsort anlässlich der 70jährigen Wiederkehr der Gesellschaftsgründung war bereits vor 1989 gedacht worden (EDELMANN 1992).

In der Rückschau konnte von den Veranstaltern festgestellt werden: *"War der Vorschlag im Vorstand der DGG, diese Tagung nach Leipzig zu vergeben, im Herbst 1989 angesichts der politischen Brisanz von vielen als Risiko empfunden worden und galt die Entscheidung für Leipzig während der 50. Tagung 1990 in Leoben noch als Wagnis, so verlief doch die Tagung 1992 ... bereits in völliger Normalität. Was von Dr. Edelmann mit unbeirrbarem Optimismus verfochten worden war, führte Prof. Wilhelm resolut zum Beschluß und wurde vom jetzigen Vorsitzenden, Prof. Fertig, in die Tat umgesetzt"* (JACOBS 1992). Aber ungeachtet der äußeren Normalität war diese Jahrestagung aufgrund des noch vorhandenen 'Nachholbedarfs' an persönlichen Kontakten wohl doch etwas Besonderes.

Bei der Tagung konnten über 700 Teilnehmer, darunter 200 Studenten, aus mehr als 20 Ländern begrüßt werden. Es wurden 6 Plenarvorträge und 218 Fachvorträge gehalten sowie 37 Poster präsentiert. Ein Dutzend Anbieter geophysikalischer Geräte und Software stellten aus.

Anderthalb Jahre nach dieser denkwürdigen Tagung, am 2. Dez. 1993, dem 584. Gründungstag der Alma mater Lipsiensis, wurden mehrere Fakultäten und Institute gegründet, darunter die Fakultät für Physik und Geowissenschaften mit dem "Institut für Geophysik und Geologie/Geologisch-Paläontologische Sammlung" und dem "Institut für Meteorologie" sowie die Fakultät für Chemie und Mineralogie mit dem "Institut für Mineralogie, Kristallographie und Materialwissenschaft". Inzwischen befindet sich an der erstgenannten Fakultät auch ein "Institut für Geographie".

Zum Institut für Geophysik und Geologie gehören derzeit folgende Struktureinheiten: der Bereich Geophysik mit den Abteilungen "Physik der Erde", "Theoretische Geophysik" und "Ingenieur- und Umweltgeophysik" und der Bereich Geologie mit den Abteilungen "Allgemeine Geologie/Quartärgeologie" und "Geologisch-Paläontologische Sammlung". Weiter ist dem Institut gegenwärtig im Rah-

men des sog. Wissenschaftler-Integrations-Programm (WIP) eine Abteilung Geochemie angegliedert. Sie besteht aus den Arbeitsgruppen "Isotopengeochemie, Massenspektrometrie und Paläoklimatologie" und "Modellierung von Migrationsprozessen/Huminstoffforschung und Spurenanalytik".

Das Geophysikalische Observatorium Collm wird vom Institut für Geophysik und Geologie und vom Institut für Meteorologie gemeinsam genutzt. Sowohl die seismologischen Registrierungen wie auch die hochatmosphärischen Windmessungen werden fortgesetzt. Die Erdbebenstation ist in den letzten Jahren mit einem Gerätesatz des German Regional Seismological Network (GRSN) ausgerüstet worden und genügt damit den Anforderungen der modernen seismologischen Forschung.

Literatur

BJERKNES, V. (1938): Leipzig - Bergen, Festvortrag zur 25-Jahrfeier des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig. - Zeitschr. f. Geophysik **14**, H. 3/4: 49-62.

CREDNER, H. (1894): Die geologische Landesuntersuchung von Sachsen und ihre Bedeutung für die Praxis. - Civilingenieur, Bd. **41**, H. 2, Sp. 1-16.

CREDNER, H. (1895): Vom 15.09.1895 datierter Entwurf eines Briefes an das Königliche Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts zu Dresden.

CREDNER, H. (1909): Das Paläontologische Institut und die Erdbebenwarte. - Festschrift zur Feier des 500jährigen Bestehens der Universität Leipzig, Bd. **4**, Teil 2: 123-130.

CREDNER, H. (1912): Elemente der Geologie. - 11., neubearbeitete Auflage; Leipzig (Engelmann).

EDELMANN, H.A.K. (1992): Zur Wahl Leipzigs als Tagungsort. - DGG-Mitteil. 1-2: 1.

HUPFER, P. (1991): Die meteorologischen Institute in Ostdeutschland. - Promet. Meteorologische Fortbildung **21**: 106-110.

JACOBS, F. (1992): Rückschau auf die 52. Jahrestagung der DGG in Leipzig. - DGG-Mitteil. 1-2: 3-4.

KOSSMAT, F. (1920): Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. - Abh. d. Math.-Phys. Klasse der Sächs. Akad. d. Wiss., Band **38**, Nr. 2, Leipzig (Teubner).

LAUTERBACH, R. (1955/56): Geophysikalisch-geologisches Kartieren. - Wiss. Zeitschr. d. Karl-Marx-Universität Leipzig **5**: 515-521.

MEYER, H. (1981): Die Erdbebenstation Leipzig (1902-1934). - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde. Nr. **64**: 130-134, Potsdam.

PIETZSCH, K. (1962): Geologie von Sachsen. - Berlin (Dt. Verl. d. Wiss.).

UAL: Akten der Philosophischen Fakultät (PF) sowie Personalakten (PA) aus dem Universitätsarchiv Leipzig.

WAHNSCHAFFE, F. (1913): Zum Gedächtnis Hermann Credners. - Zeitschr. d. Dt. Geol. Ges., B, Nr. **8/10**: 470-488.

WEICKMANN, L. & MOLTCHANOFF, P. (1931): Kurzer Bericht über die meteorologisch-aerologischen Beobachtungen auf der Polarfahrt des "Graf Zeppelin". - Meteorologische Zeitschr. **48**: 409-414.

Das Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln

Manfred Laube, Adolf Ebel & Fritz M. Neubauer

Die Gründung des Instituts läßt sich nicht auf ein bestimmtes Datum legen. Das liegt wohl an den besonderen Umständen der damaligen Zeit, daß knapp ein Jahr nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges, Anfang 1946, ein Meteorologe des Wetterdienstes zusammen mit Kölner Bürgern, die an der Meteorologie interessiert waren, die Gründung eines Meteorologischen Institutes an der damals noch städtischen Universität Köln mit Erfolg betreiben konnte.

Die Institutsgründung hatte schon eine Vorgeschichte: Im Jahre 1938 erhielt Hellmut Berg, Leiter der Wetterflugstelle Köln des Reichswetterdienstes, eine Dozentur für Meteorologie. H. Berg hatte in Heidelberg Meteorologie, Astronomie, Geophysik und Physik studiert und sich dort auch 1937 habilitiert. Anfang 1945 wurde er zum außerplanmäßigen Professor mit dem Lehrgebiet Meteorologie ernannt. Nach der Gründung des Meteorologischen Instituts übernahm H. Berg 1947 dessen Leitung, nachdem er aus dem Wetterdienst ausgeschieden war. Im Jahre 1951 erhielt H. Berg auch die Lehrbefugnis für Geophysik.

Die Forschung war in erster Linie meteorologisch geprägt. Für die Untersuchungen zum Stadtklima zusammen mit Günther Band wurden neben ortsfesten Messungen in der Stadt umfangreiche Meßfahrten unternommen. Darüberhinaus wurden Messungen des pH-Wertes im Niederschlag und der Mikrostruktur des Bodenluftdruckfeldes durchgeführt. Es wurden aber auch geophysikalische Fragestellungen bearbeitet. Während der Jahre 1941 und 1942 wurden in Köln von O. Krautkrämer Experimente zur Messung der Ionosphärendrift mit Hilfe von Radiowellen ausgeführt. Er benutzte das sogenannte Impuls-Echo-Verfahren. In den Jahren 1951/52 griffen O. Krautkrämer und H. Berg diese Arbeiten wieder auf. Es wurden sporadisch Messungen durchgeführt. In den Jahren 1953 und 1954 wurden mit dem Cavendish Institute in Cambridge bestimmte Tage in jedem Monat vereinbart, an denen sowohl in Köln als auch in Cambridge gemessen wurde. Nach einer längeren Pause wurden die Messungen ab Oktober 1956 wieder regelmäßig vorgenommen. Da das Institut, in einer 4-Zimmer-Wohnung im Erdgeschoß des Hauses Universitätsstraße 22 sehr beengt untergebracht, für die Aufstellung von Sende- und Empfangsanlage zu klein war, wurden einige Kellerräume in den gerade neuerbauten Botanischen Instituten von der Universität zur Verfügung gestellt. 1963 wurden die Messungen eingestellt.

Am 1. April 1954 wurde die städtische Universität vom Land Nordrhein-Westfalen übernommen. Bald darauf begannen die Planungen für einen Neubau der geowissenschaftlichen Institute an der Zülpicher Straße. Als H. Berg am 2. März 1960 während einer Exkursion mit Studenten einem Herzinfarkt erliegt, waren die Planungen abgeschlossen und der Beginn der Rohbauarbeiten stand kurz bevor.

Nach dem Tod von H. Berg reagierte die mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät schnell, um den Bestand des Meteorologischen Instituts zu sichern. Der damalige

Dekan, der Physiker Fritz Sauter, wurde kommissarischer Leiter des Instituts und Professoren aus Mainz, Frankfurt a. M., Bonn und Clausthal wurden zu Gastvorlesungen eingeladen, um den Lehrbetrieb aufrecht zu erhalten. Um die Meteorologie und Geophysik in Köln dauerhaft zu sichern, wurde eine Planstelle für den Direktor des Instituts eingerichtet und am 1. Okt. 1961 Hans-Karl Paetzold als ordentlicher Professor auf diese Stelle berufen. H.K. Paetzold kam vom Max-Planck-Institut für Physik der Stratosphäre in Weissenau und hatte sich 1954 an der Technischen Hochschule München habilitiert.

Seine Hauptforschungsgebiete, die auch in Köln weiter bearbeitet wurden, waren die Messung des stratosphärischen Ozons mit einem vom ihm und seinen Mitarbeitern entwickelten Spektrographen sowie die Struktur und die Variation der oberen Atmosphäre, abgeleitet aus Beschleunigungsmessungen an den ersten künstlichen Erdsatelliten, die in den Jahren 1957 bis 1960 gestartet wurden. Der Spektrograph war so klein und so robust gebaut, daß er mit einem Ballon gestartet werden konnte und auch eine harte Landung überstand.

H.K. Paetzold erhielt in Köln die Lehrbefugnis für Geophysik und Meteorologie. Das Meteorologische Institut wurde zum 1. Okt. 1961 in Institut für Geophysik und Meteorologie umbenannt. Mit H.K. Paetzold kamen neben Fritz Piscalar und Helmut Zschörner noch eine Reihe weiterer Mitarbeiter, so daß das Platzproblem in der Universitätsstraße akut wurde. Der Umzug in den Neubau Zülpicher Straße 49 erfolgte im Sommer 1963 auf eine damals gigantische Fläche von 842 qm in ein Gebäude zusammen mit den Geographen und den Geologen. Der große Hörsaal mit etwa 300 Plätzen wurde gemeinsam genutzt. Das Institut umfaßte die halbe dritte und die ganze vierte Etage. Zum Raumprogramm gehörten neben einem Seminarraum mit ca. 30 Plätzen ein Fotolabor, eine feinmechanische Werkstatt und ein Elektroniklabor. Der Neubau war gekrönt durch ein begehbares Beobachtungsdach, das außer für die Aufstellung von Meßgeräten und für Ballonstarts auch für Institutsfeiern genutzt werden konnte.

Die optische Ozonsonde wurde in Köln weiterentwickelt, so daß nun die Übermittlung der Meßwerte während des Fluges durch Funk möglich war. Früher registrierte die Sonde nur, und die Messungen konnten nur dann ausgewertet werden, wenn die Sonde nach dem Absturz wiedergefunden wurde. Die Auswertung erfolgte schon ab 1961 mit Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung. Der erste Start der neuen Sonde fand am 16. Sep. 1966 statt. In der Folgezeit wurden bis zum 6. Sep. 1976 etwa 300 Ballonstarts vom Dach des Instituts durchgeführt. Nach September 1976 wurden nur noch sporadisch Ballons gestartet, erst mit der weiterentwickelten Ozonsonde, die jetzt auch Wasserdampf messen konnte, später mit Prototypen für ein Aerosolmeßgerät von K.H. Käselau. Da die Luftaufsicht die Genehmigung nicht mehr verlängerte, mußten die Ballonstarts 1987 eingestellt werden.

Die Frage, ob die stratosphärische Ozonschicht durch die solare Aktivität beeinflusst wird, beschäftigte H.K. Paetzold über viele Jahre. Schon 1971 wies H.K. Paetzold auf die Gefahren für die stratosphärische Ozonschicht durch hochfliegende Überschallflugzeuge (SST) hin. Die damaligen Pläne für den weltweiten Einsatz dieser SST wurden, bis auf den Bau einiger Concorde und TU-144, nicht realisiert. Weitere Schwerpunkte in der Forschung waren die Entwicklung eines einfachen Spektralphotometers zur Messung des totalen Ozons vom Erdboden aus durch Anver Ghazi und die Planung eines Meßgerätes zur Messung des totalen Ozons vom Satelliten aus durch F. Piscalar. Die BUV-Messungen (Backscatter Ultra Violet) des Satelliten Nimbus IV in den Jahren 1970 bis 1972 wurden von A. Ghazi in Zusammenarbeit mit H. Zschörner benutzt, um den totalen Ozongehalt global darzustellen. Für bioklimatische Untersuchungen im Ruhrgebiet wurde von F. Piscalar ein UV-Meßgerät entwickelt und für den "Verein zur Untersuchungen von Einwirkungen der Luftverschmutzung auf die Volksgesundheit e.V." in Bochum hergestellt. In den Jahren 1963 und 1964 entwickelte H. Zschörner das Steuerungsprogramm für die Parabolspiegel-Antenne der Sternwarte der Stadt Bochum, die für die Aufnahme von Satellitensignalen konzipiert war. Es ist heute nur noch Nostalgie, wenn man erfährt, daß dieser Riesenspiegel damals mit Lochstreifen gesteuert wurde, die von einem Rechner erzeugt wurden.

Die personelle Ausstattung des Instituts wurde 1965 weiter verbessert, als Gustav Hofmann zum 1. Aug. 1965 als Professor berufen wurde. G. Hofmann hatte sich 1956 an der Universität München habilitiert und war dort am Meteorologischen Institut schon als Professor tätig. Seine Hauptarbeitsgebiete waren experimentelle und theoretische Untersuchungen von Transporten in der bodennahen Grenzschicht der Atmosphäre und Mikrometeorologie. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des deutschen Beitrages zum Global Atmospheric Research Program (GARP) durchgeführt. Die experimentellen Arbeiten betreute ab 1966 Hans Schroers, bis er 1975 zur Universität München wechselte. G. Hofmann nahm zum 1. März 1972 einen Ruf an das Meteorologische Institut der Universität München an. G. Band, der 1959 von der Universität zum Geophysikalischen Beratungsdienst der Bundeswehr gewechselt war, führte bis 1978 Vorlesungen und Übungen in synoptischer Meteorologie durch.

Die Zahl der Mitarbeiter nahm stetig zu, so daß wenige Jahre nach dem Bezug des Neubaus wieder akute Platzprobleme auftraten. Im Frühjahr 1969 konnte die meteorologische Abteilung in das Gebäude Kerpener Straße 13 umziehen, wo 663 qm zur Verfügung standen und damit ausreichend Platz war, um ein meteorologisches Praktikum sowie experimentelle Arbeiten durchführen zu können.

Ab September 1965 wird die Schriftenreihe "Mitteilungen aus dem Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln" herausgegeben. Herausgeber waren in der Folgezeit immer die Professoren im Institut. In dieser Reihe werden Dissertationen und Forschungsberichte veröffentlicht. Bis Ende 1995 sind 104 Hefte erschienen.

In den Jahren 1967/68 wurde in Räumen am Weyertal von Adolf Ebel und Manfred Laube mit dem Aufbau des geophysikalischen Praktikums begonnen. Nach dem Auszug der Meteorologie zur Kerpener Straße konnte das Praktikum in der Zülpicher Straße eingerichtet werden. Das Praktikum wurde 1976, als genügend viele Geräte zur Verfügung standen, in ein Laborpraktikum, das jeweils im Winter durchgeführt wurde, und ein Feldpraktikum, das jeweils im Sommer durchgeführt wurde, geteilt. Das Feldpraktikum fand in den ersten Jahren am Rodderberg bei Bad Godesberg und später im Wehrer Kessel, südlich der Ahr, statt. Ab 1976 übernahm K.H. Käselau die Leitung des Praktikums, und ab 1985 wurde das Feldpraktikum von der Arbeitsgruppe Angewandte Geophysik betreut. Nach 1985 wurde das Praktikum als Blockkurs eine Woche lang an ständig wechselnden Orten durchgeführt. Üblicherweise waren seismische Experimente, Schweremessungen, magnetische und elektrische Messungen Teil des Praktikums. Im Wintersemester 1995/96 wurde das Laborpraktikum im Rahmen der Bestrebungen zur Verkürzung der Studierendauer aus dem Lehrplan gestrichen.

Als Nachfolger von G. Hofmann wurde am 1. Nov. 1973 Ehrhard Raschke berufen. E. Raschke hatte sich in Bochum habilitiert. Seine Hauptarbeitsgebiete waren die Fernerkundung der Atmosphäre und der Strahlungshaushalt des Systems Erde-Atmosphäre. Zur genauen Bestimmung der Strahlungsbilanzkomponenten am Oberrand der Atmosphäre wurde ein multispektrales, konisch abtastendes Radiometer zunächst als Labormodell entwickelt. Ziel war, dieses Radiometer zur Messung vom Satelliten aus einzusetzen. Unter der maßgeblichen Mitarbeit von Theo Prosch und Jürgen Wirth wurde auch eine flugfähige Version, die Airborne Version of the Conically Scanning Radiometer (AVCSR), gebaut und bei Flugzeugmessungen eingesetzt. Diese Arbeiten wurden in enger Kooperation mit dem Laboratoire Optique Atmosphérique der Universität Lille durchgeführt. Die Rolle von Wolken im Strahlungshaushalt und die Probleme bei der Erkennung und Bestimmung von Wolken wurde im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem US-Earth Radiation Budget Experiment (ERBE) in den Jahren 1978 bis 1986 untersucht. E. Raschke war Mitglied des ERBE Science Team. Es wurden eine Reihe von Teilaspekten des Einsatzes von Satelliten in der meteorologischen Forschung bearbeitet. Mitarbeiter waren u.a. Clemens Simmer (bis 1983) und Andreas Hense (bis 1981). Eine weitere enge internationale Zusammenarbeit mit Arbeitsgruppen aus Schweden, Frankreich und Großbritannien gab es in den Jahren 1986 bis 1990 im Rahmen des Projektes Strahlung und Wolken. In den Jahren 1987 und 1989 wurden im Herbst mehrwöchige Meßkampagnen über der Nordsee durchgeführt, an denen jeweils vier Flugzeuge und ein Forschungsschiff beteiligt waren. Dieses Projekt diente der Erforschung der Rolle von Cirruswolken im Klima der Erde und bestand aus intensiven Feldmessungen und aus theoretischen Arbeiten, besonders numerischen Modellrechnungen, an denen über einen längeren Zeitraum Burkhard Rockel beteiligt war.

Fast 10 Jahre lang wurde seit 1975 vom Beobachtungsdach des Instituts an der Zülpicher Straße aus mittels SODAR (Sound Detecting And Ranging) die Höhe der Inversions-

schicht bestimmt. Diese Messungen, zeitweise ergänzt durch ein zweites SODAR im Norden von Köln, wurden für stadtklimatologische Zwecke von E. Raschke zusammen mit dem Umweltamt der Stadt Köln durchgeführt. E. Raschke verließ das Institut am 31. Okt. 1989, um die Stelle des Direktors des Instituts für Physik der Atmosphäre beim Forschungszentrum GKSS in Geesthacht und gleichzeitig eine Professur an der Universität Hamburg anzutreten.

Von 1975 bis 1985 war Eberhard Ruprecht als Akademischer Rat am Institut in der Kerpener Straße tätig. Sein Hauptinteresse galt der Bedeutung der tropischen Störungen für den vertikalen Transport von Energie, Wasserdampf und Impuls in die obere Troposphäre. E. Ruprecht ging 1985 als Professor für Meteorologie zum Institut für Meereskunde in Kiel.

Ab 1968 entwickelte sich unter der Leitung von Manfred Laube eine Arbeitsgruppe, die sich mit Wolkenphysik befaßte. Es waren zunächst grundlegende Fragen der Bildung von Regentropfen aus Wolkenpartikeln durch Koagulation, die von Klaus D. Beheng bearbeitet wurden. K.D. Beheng ging 1976 nach Frankfurt und habilitierte sich dort. Nach 1976 spielten Untersuchungen zur Parametrisierung dieser Prozesse zusammen mit Hartmut Höller und, in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre, die Modellierung von Einzelwolken, welche mit Peter Scheidgen bearbeitet wurde, eine große Rolle. In die Jahre 1984 und 1985 fällt die Mitarbeit am Band Meteorologie des Landolt-Börnstein, in dem M. Laube und H. Höller den Abschnitt über Wolkenphysik verfaßten. In den Jahren 1985 bis 1993 arbeitete Frau Zhang Ying von der Universität Nanjing, China, in dieser Gruppe mit und befaßte sich in erster Linie mit der Modellierung mikrophysikalischer Prozesse in Cirruswolken. Frau Zhang kehrte 1993 nach China an das Klimafor schungszentrum in Beijing zurück und arbeitet dort als associate Professor am Laboratorium für Klimastudien. Am 1. Nov. 1974 wurde Dieter Ehhalt zum Direktor des Instituts für Chemie des Forschungszentrums Jülich und gleichzeitig zum Professor für Geophysik an der Universität zu Köln berufen. D. Ehhalt hatte in Heidelberg Physik studiert und war lange Jahre am National Center for Atmospheric Research (NCAR) in Boulder, Colorado, tätig. Ein Forschungsschwerpunkt im Bereich der Chemie der Atmosphäre ist die Untersuchung der Spurengaskreisläufe von Methan, Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Kohlenmonoxid durch Messung der globalen Konzentrationsverteilungen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Messung des Hydroxylradikals in der Atmosphäre und die Untersuchung seiner Abhängigkeit von verschiedenen Parametern.

Nach dem Tod von F. Piscalar kam 1976 Klaus H. Käselau aus Lindau/Harz. Ein vom ihm entwickelter Aitkenkernzähler war als Aerosolsonde für Messungen in der Stratosphäre konzipiert. Die Sonde wurde 1976 bei Großballonaufstiegen in den USA und Norddeutschland sowie 1985/86 in Frankreich eingesetzt. Seit 1982 wird ununterbrochen auf dem Beobachtungsdach ein Gerät zur Messung der Aitkenkernkonzentration, der Ozonkonzentration, der Temperatur, des Druckes, der relativen Feuchte sowie der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit von K.H. Käselau betrieben.

Am 1. Jan. 1978 kam Peter Speth aus Kiel als weiterer Professor für Meteorologie an das Institut. Seine Schwerpunkte in der Forschung waren die Synoptik und die allgemeine Zirkulation und Energetik der Atmosphäre. Ein langfristiges Forschungsvorhaben, das von 1978 an bearbeitet wurde, war und ist die Variabilität der atmosphärischen Zirkulation. Diese wurde anhand von globalen Beobachtungsdaten diagnostiziert und mit Ergebnissen von Modellrechnungen für das heutige und für ein durch anthropogene Einflüsse geändertes Klima verglichen. Weitere Schwerpunkte waren die Wechselwirkung zwischen Tropen und mittleren Breiten, die anhand von Beobachtungsdaten und modellierten Daten untersucht wurden, die atmosphärische Zirkulation im Bereich der Weddell-See in der Antarktis und die Teilnahme am deutschen Frontenexperiment. Das Frontenexperiment fand von Oktober 1987 bis Januar 1988 statt. Radiosondenaufstiege wurden an 18 Stationen in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz an ausgewählten Tagen im dreistündigen Abstand durchgeführt. Das Ziel war, einen räumlich und zeitlich hochaufgelösten Datensatz zu erhalten, mit dem der Einfluß von Gebirgen auf Kaltfronten beschrieben werden konnte. Die Forschungsarbeiten wurden unter wesentlicher Mitarbeit von Edilbert Kirk bis 1985 und danach von Uwe Ulbrich durchgeführt. P. Speth wurde zum 1. April 1993 vom Konvent der Universität zum Ersten Prorektor mit dem Verantwortungsbereich für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs gewählt.

Am 1. Jan. 1980 wurde Adolf Ebel zum Professor für Geophysik ernannt. A. Ebel war seit 1962 am Institut tätig, hatte sich 1972 habilitiert und war seit 1975 apl. Professor am Institut. Bis Anfang der siebziger Jahre befaßte er sich mit der Messung des Elektroneninhalts der Ionosphäre mit Hilfe des Faraday-Effektes an Radiosignalen der künstlichen Erdsatelliten. Die auftretenden großräumigen und langperiodischen Variationen des Elektroneninhalts konnten durch die globale Zirkulation in der Thermosphäre erklärt werden. Ab 1972 begann die Untersuchung der Zirkulation der Hochatmosphäre. Es wurde die Dynamik der oberen Mesosphäre (etwa 60 bis 80 km) und der unteren Thermosphäre (80 bis 120 km) durch Bestimmung der Wärme- und Impulstransporte und der damit zusammenhängende Transport von Spurenstoffen behandelt. Der Bereich wurde Ende der siebziger Jahre auf die gesamte mittlere Atmosphäre von 15 bis 120 km Höhe ausgedehnt, und die Einflüsse der Sonnenaktivität auf Zirkulationsstörungen waren der Schwerpunkt der Forschung. Dies führte Mitte der achtziger Jahre in enger Zusammenarbeit mit K. Rose von der Stratosphärengruppe des Meteorologischen Instituts der Freien Universität Berlin zur Entwicklung eines 3D-Zirkulationsmodells für die mittlere Atmosphäre, das unter dem Namen COMMA (Cologne Model of the Middle Atmosphere) bekannt wurde. Mit ihm konnte die Rolle von Schwerewellen und der Einfluß thermisch angelegter Gezeiten untersucht werden. In diesem Projekt arbeiteten jeweils über längere Zeiträume Martin Dameris, Heinz Hass, Uwe Berger und Hermann-Josef Jakobs mit. Dieses Modell wurde in den letzten Jahren durch Bernd C. Krüger und Gebhard Günther weiterentwickelt, um durch die Behandlung der Wechselwirkung von Dynamik - Transport - Chemie - Strahlung diejenigen Prozesse zu

untersuchen, die die zeitliche Entwicklung des stratosphärischen Ozons, und hier besonders des arktischen Ozons, bestimmen. Als erstem gelang Uwe Berger eine umfassende Behandlung nichtlinearer Gezeitenphänomene in der Mesosphäre und unteren Thermosphäre.

Um 1980 begannen A. Ebel und M. Laube mit Untersuchungen zur Simulation von Konvektionsströmungen im Erdmantel. Ein numerisches Modell zur Mantelkonvektion wurde von Ulrich Hansen entwickelt und für die Anwendung auf doppelt-diffusive Konvektion erweitert. Zusammen mit Volker Steinbach wurden die Forschungen ausgedehnt auf die nichtlineare Dynamik hochviskoser Flüssigkeiten, die ein zeitabhängiges, im allgemeinen chaotisches Verhalten zeigen. Das numerische Modell wurde ab Ende der achtziger Jahre dazu benutzt, um grundsätzliche Fragestellungen der doppelt-diffusiven Konvektion wie Stabilität und Transporteigenschaften und die Bedeutung thermochemischer Konvektionsströme für die Entwicklung von Magmakammern zu untersuchen. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt waren dynamische Prozesse an der Kern-Mantel-Grenze. U. Hansen habilitierte sich 1992 und verließ das Institut, als ihm eine Stelle als Professor für Geophysik (königlicher Hofdozent) an der Universität Utrecht angeboten wurde. Inzwischen hat er einen Ruf an das Institut für Geophysik der Universität Münster erhalten.

Im Sommer 1987 begann A. Ebel zusammen mit D. Ehhalt und M. Laube den Aufbau einer Arbeitsgruppe für das Europäische Ausbreitungs- und Depositionsmodell EURAD. Von Anfang an waren in dieser Gruppe Hermann-Josef Jakobs, Heinz Hass (bis Sommer 1995), Michael Memmesheimer, Georg Piekorz, Andreas Oberreuter und Norbert Drees (bis 1990) dabei. Später kamen Hendrik Elbern (seit 1990) und Christoph Kessler (seit 1995) hinzu.

Die Gruppe war von 1987 bis 1993 auf einer Fläche von ca. 200 qm in angemieteten Räumen in einem Bürohaus am Salierring 40 untergebracht. 1993 zog die Gruppe auf eine etwa gleichgroße Fläche an der Aachener Straße um. Das EURAD-Modell besteht aus einem meteorologischen Vorhersagemodell, das am National Center for Atmospheric Research (NCAR) in Boulder, Colorado, und einem Chemie-Transport-Modell, dessen erste Fassung an der State University of New York in Albany entwickelt wurde. Mit diesem Modell werden der Ferntransport und die chemische Umwandlung von Spurenstoffen in der Troposphäre sowie die Ablagerung der Schadstoffe am Boden für bestimmte Episoden von ein bis zwei Wochen Dauer berechnet. Dazu mußten zunächst die anthropogenen Emissionen durch Verkehr, Industrie und Haushalte in allen europäischen Ländern in eine für die Modellierung geeignete Form gebracht werden. Das Forschungsziel dieses Vorhabens ist es, die wissenschaftlichen Grundlagen zur Beschreibung der Prozesse, die zur Bildung von Photosmog und Säuredeposition führen, zu verbessern. Eine praktische Anwendung ist der Einsatz bei der Entwicklung von Luftreinhaltestrategien für Europa. Als Folge der Zusammenarbeit mit NCAR wurde das Institut 1988 Verbindungsglied der Kölner Universität zur amerikanischen University Corporation UCAR, Träger von NCAR, und die Universität Mitglied der International Affiliates of UCAR.

Eine aus dem EURAD-Projekt hervorgegangene weitere Gruppe mit Heribert Petry bearbeitet seit 1992 das Problem der Folgen des Schadstoffeintrags in die Atmosphäre durch die Luftfahrt. Emissionen von Flugzeugen beeinflussen luftchemische Prozesse im Bereich der Tropopause. Es soll untersucht werden, ob davon auch klimarelevante Veränderungen der Spurenstoffzusammensetzung hervorgerufen werden können. Weitere Folgevorhaben gelten der Untersuchung des stratosphärisch-troposphärischen Austausches, der Schadstoffdeposition im Alpenraum, der Nutzung von Satellitendaten für die Analyse von Schadstoffverteilungen und der Rolle des Verkehrs für die Photosmogentstehung.

Im Mai 1994 begann das Forschungsvorhaben zur numerischen Simulation der allgemeinen Zirkulation der Marsatmosphäre mit Uwe Berger. Dieses Projekt hatte in den Jahren 1980/81 gewissermaßen einen Vorläufer, als durch H.-J. Jakobs im Rahmen eines kleineren Vorhabens bei Auswertungen von Druck-, Temperatur- und Windmessungen der Marssonden Viking Lander 1 und 2 Gezeiten- und barokline Wellen in der Marsatmosphäre nachgewiesen werden konnten.

A. Ebel koordinierte von 1987 bis 1995 das Teilprojekt für Schadstoffausbreitungsrechnung im europäischen Umweltprojekt EUROTRAC. Er hat die internationale Arbeitsgruppe für die Erforschung solar-terrestrischer Beziehungen der IAMAS (International Association for Meteorology and Atmospheric Science) im Jahre 1979 gegründet und bis 1994 geleitet. Die Arbeitsgruppe für die globale Simulation der mittleren Atmosphäre, ebenfalls zur IAMAS gehörend, wurde von 1985 bis 1994 von ihm koordiniert.

Auf Initiative von A. Ebel existieren Vereinbarungen zur Zusammenarbeit mit dem Institut für Atmosphärenphysik der Universität St. Petersburg seit 1985, mit dem Department of Geophysics und dem Radio Atmosphere Science Center der Universität Kioto seit 1993, mit dem Bereich Umweltforschung der Universität Thessaloniki seit 1989 und seit 1994 mit dem Central Aerological Observatory in Moskau.

Nachfolger von H.K. Paetzold wurde am 1. April 1982 Fritz M. Neubauer aus Braunschweig. Er hatte sich dort im Jahre 1973 in den Fächern Geophysik und Meteorologie habilitiert. Sein Hauptarbeitsgebiet waren die Messung von Magnetfeldern und deren Auswertung hauptsächlich in den Bereichen der Magnetosphären der äußeren Planeten und des interplanetaren Mediums. Dabei war er maßgeblich an der deutsch-amerikanischen Heliosmission und an weiteren Missionen beteiligt. Diese Beteiligungen wurden teilweise 1982 von Braunschweig nach Köln mitgebracht. Zunächst wurde F.M. Neubauer aber mit einem politischen Problem konfrontiert.

Anfang April 1982 wurden, zunächst durch eine Indiskretion, Pläne der Landesregierung Nordrhein-Westfalens bekannt, im Rahmen der Konzentration und Neuordnung von Studiengängen das Institut aufzulösen und die Meteorologie nach Bonn und die Geophysik nach Bochum bzw. Münster zu verlagern. Diese Pläne waren am 29. März 1982 auf einer Dienstbesprechung der Rektoren und Kanzler der nordrhein-westfälischen Hochschulen im Mi-

nisterium vorgestellt worden. Es gab sofort energische Proteste der Betroffenen, der Kollegen aus den Nachbarwissenschaften und vor allem der Studierenden. Die Studenten machten durch eine Protestfahrt zum Ministerium nach Düsseldorf die Öffentlichkeit aufmerksam. Die Kölner Zeitungen, das Fernsehen und der Rundfunk berichteten. Das Medienecho war sehr groß, und die Unterstützung, die die Mitarbeiter und die Studenten dadurch für den Erhalt des Instituts bekamen, kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Die Schließungsabsichten jedenfalls wurden nicht weiter verfolgt.

F.M. Neubauer war Mitglied im Magnetometerteam der Raumsonden Voyager I und Voyager II, die 1977 gestartet wurden. Schwerpunkte der Forschung bei diesem Experiment waren die Auswertungen der Messungen bei den Vorbeiflügen an den großen Planeten und dem Vorbeiflug von Voyager II am Uranus im Januar 1986 und am Neptun im August 1989. Ein langfristiges Forschungsthema, ausgelöst durch diese Projektbeteiligung, waren die Theorie und Modellentwicklungen zur elektrodynamischen Wechselwirkung von elektrisch leitenden Körpern mit strömenden Plasmen. Im Rahmen von Voyager ging es dabei um die Satelliten der äußeren Planeten mit elektrisch leitenden Atmosphären bzw. Ionosphären wie den vulkanisch aktiven Jupitermond Io, den Saturnmond Titan sowie den Neptunmond Triton. Ein wichtiger Schritt war die Entwicklung eines 3D-Modells der elektrodynamischen Wechselwirkung zwischen Io und der Jupitermagnetosphäre unter Federführung von Dieter Wolf-Gladrow, der 1987 zum Alfred-Wegener-Institut nach Bremerhaven wechselte. In dem Buch "Saturn" von T. Gehrels und M.S. Matthews verfaßte F.M. Neubauer 1984 das Kapitel über "Titan's magnetospheric interaction".

Bei der Giotto-Mission zum Kometen Halley war F.M. Neubauer 1981 als Principal Investigator des Magnetometerexperiments ausgewählt worden. Giotto war die erste interplanetare Mission der ESA und das erste wissenschaftliche Raumfahrzeug, daß mit einer Ariane-Rakete gestartet wurde. Der Start war am 2. Juli 1985. Die Hardware des Magnetometers wurde vom Institut für Datenverarbeitungsanlagen der TU Braunschweig sowie vom Goddard Space Flight Center entwickelt und hergestellt und vom Institut für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig integriert. Das Magnetometerexperiment hatte einen Meßbereich von 16 nT bis 65536 nT. Die Software für die Datenauswertung wurde in Köln von Martin Pohl und Joachim Raeder entwickelt. Der Vorbeiflug am Kometen Halley in einer Entfernung von 600 km fand am 13. und 14. März 1986 statt. Die ersten Ergebnisse wurden bereits im Mai 1986 in Nature (Vol. 321, No. 6067) veröffentlicht. Zu den wichtigsten Ergebnissen gehörte die Entdeckung eines magnetfeldfreien 'Hohlraums' um den Kometenkern. Der Artikel von F.M. Neubauer et al. über "First results from the Giotto magnetometer experiment at comet Halley" gehörte 1986 zu den 100 meistzitierten Arbeiten des Jahres in den physikalischen Wissenschaften. Die Wechselwirkung des Sonnenwindes mit der Kometenatmosphäre wurde zusammen mit Karl-Heinz Glaßmeier untersucht. Die Weltraumsonde Giotto, die den encounter mit Halley weitgehend unbeschädigt überstanden hatte,

flog am 2. Juli 1990 als erste aktive Raumsonde in einer Entfernung von 24000 km an der Erde vorbei. Am 10. Juli 1992 gelang der Vorbeiflug am Kometen P/Grigg-Skjellerup. Seit 1994 besteht zur weiteren Auswertung der Kometendaten von Giotto eine Zusammenarbeit mit Dr. Israelevich und Prof. Ershkovich an der Universität Tel Aviv in Israel. Ebenso besteht eine enge Zusammenarbeit mit Bruce Tsurutani vom Jet Propulsion Laboratory der NASA, der 1994 und 1995 als Preisträger der Alexander-von-Humboldt-Stiftung in Köln weilte.

Die Mitarbeit am Projekt eines Fesselsatelliten (TSS - Tethered Satellite System), zusammen mit Hartmut Marschall, beinhaltete die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen einem vom Space Shuttle an einem Seil mitgeführten Satelliten mit elektrisch leitender Oberfläche und dem umgebenden Plasma und stellte somit eine Variante des mit dem Projekt Voyager begonnenen Problemkreises dar. Die Mission im Jahre 1992 war nur teilweise erfolgreich, denn die Seilwinde, die den Satelliten an einem 20 km langen Seil aussetzen sollte, funktionierte nicht; das Seil ließ sich nur 257 m abwickeln. Die Mission soll deshalb im Februar 1996 wiederholt werden. Aus dem TSS-Projekt erwuchs auch die Beteiligung an einer umfangreichen technischen Studie (LASSO) zur Untersuchung der Möglichkeiten von Fesselsatelliten. Hier wurde eine Teilstudie zu elektrodynamischen Tethersystemen für die Firma Telefunken-Systemtechnik unter Mitarbeit von H. Marschall, Andrea Lüttgen und F.M. Neubauer erstellt.

Bei der im November 1994 gestarteten WIND-Mission ist F.M. Neubauer Co-Investigator im Magnetometer-Team. WIND dient der Erforschung des Sonnenwindes und der solar-terrestrischen Beziehungen. Des weiteren ist F.M. Neubauer Co-Investigator der ESA-Mission CLUSTER, die 1996 gestartet werden soll. Die Ziele der Mission betreffen hauptsächlich die Magnetosphärenphysik der Erde, aber auch die Physik des interplanetaren Mediums. Zur Auswertung der Daten des Satellitentetraeders werden Methoden aus der Arrayseismologie für die Konstruktion eines Wellenteleskops eingesetzt. Schließlich ist F.M. Neubauer in Fortsetzung der Arbeiten innerhalb des Voyagerprojekts Mitglied der Experimentatorenteams des Magnetometerexperiments der Saturnmission Cassini und des Atmospheric Structure Instruments der von Cassini mitgeführten Sonde Huygens. Die Cassini-Mission soll 1997 gestartet werden und erst im Jahre 2004 ihr Ziel, eine Umlaufbahn um den Planeten Saturn, erreichen. Danach soll die Atmosphärensonde Huygens in die Atmosphäre des Saturnmondes Titan eintauchen und auf der Oberfläch des Titan landen. Zur Unterstützung der Projekte der Weltraumplasmaphysik wurde 1994 unter der Leitung von Hartmut Marschall mit der Entwicklung eines 3D-Hybridmodells zur Plasmasimulation begonnen.

Bei der noch im Planungsstadium befindlichen Pluto-Mission (Pluto-Express) der NASA ist F.M. Neubauer Mitglied des science definition teams und damit für die Wahrnehmung der Interessen der deutschen wissenschaftlichen Community verantwortlich. Bei diesen Projekten der Weltraumphysik bestehen seit Jahren enge Kontakte mit dem Laboratory for Extraterrestrial Physics des NASA Goddard Space Flight Center, dem Bartol Research Institu-

te der University of Delaware sowie dem Institut für Geophysik und Meteorologie der Technischen Universität Braunschweig.

An dem Kameraexperiment auf der russischen Raumsonde MARS-94, deren Start 1996 sein soll, ist F.M. Neubauer zusammen mit Martin Pätzold beteiligt. Es soll das Vorkommen von Staubteufeln, Staubstürmen und Sanddünen als lokale und globale atmosphärische Ereignisse auf der Marsoberfläche untersucht werden. Es handelt sich dabei um die Rückkehr zu einem Gebiet der planetaren Meteorologie, das F.M. Neubauer bereits in früheren Jahren in Braunschweig bearbeitet hatte.

Im Jahre 1983 ergriff F.M. Neubauer die Initiative zum Aufbau einer Arbeitsgruppe, die den Bereich elektromagnetische Methoden in der Angewandten Geophysik weiterentwickeln sollte. Dazu konnte Kurt Martin Strack, damals in Australien, für das Institut gewonnen werden. K.M. Strack begann mit dem Aufbau der Arbeitsgruppe Explorationsgeophysik, die später in Angewandte Geophysik umbenannt wurde. Der ursprüngliche Plan, eine elektromagnetische Bohrlochmeßsonde mit mehreren Frequenzen und Sender-Empfänger-Anordnungen für das Kontinentale Tiefbohrprogramm (KTB) der Bundesrepublik Deutschland zu entwickeln, kam wegen der unzureichenden finanziellen Ausstattung des KTB nicht zur Verwirklichung. Ein parallel verfolgtes Ziel war die Weiterentwicklung der LOTEM-Methode. Hinter der Abkürzung LOTEM verbirgt sich das Long-Offset-Transient-Electromagnetics-Verfahren, ein Zeitbereichsverfahren der Elektromagnetik zur Erkundung der elektrischen Leitfähigkeitsverteilung des Untergrundes bis in Tiefen von typischerweise einigen Kilometern mit dem Ziel der Anwendung in der Kohlenwasserstoffexploration und der allgemeinen geophysikalischen Tiefenerkundung.

An Messungen im Rahmen des Kontinentalen Tiefbohrprogramms, anfangs auch zur Festlegung der Lokation der Bohrung, war die Arbeitsgruppe ab 1984 bis zur Einstellung der Bohrarbeiten beteiligt. In den Jahren 1987 und 1988 wurden Meßkampagnen in China und Indien erfolgreich durchgeführt. Weitere erfolgreiche Meßkampagnen mit LOTEM fanden in Südafrika und Australien statt. Weil die Zahl der Mitarbeiter in dieser Arbeitsgruppe immer größer wurde, reichte der Platz an der Zülpicher Straße bald nicht mehr aus und die Gruppe mußte 1986 in Räume am Hermeskeiler Platz umziehen. Als diese Räume nicht mehr zur Verfügung standen, zog die Gruppe 1989 zur Siebengebirgsallee in eine Villa mit Park. K.M. Strack verließ das Institut 1992, um die Stelle des Leiters der Abteilung Advanced Scientific Research der Firma Western Atlas in Houston, Texas, anzutreten, und Andreas Hördt übernahm die Leitung der Arbeitsgruppe. Steigende Mietpreise machten Anfang 1995 wieder einen Umzug notwendig, diesmal in ein der Universität gehörendes Haus an der Godesberger Straße. Prominente Wissenschaftler, die zeitweilig in dieser Arbeitsgruppe mitarbeiteten, waren die Humboldt-Preisträger K. Vozoff aus Sidney und C. Stoyer aus Golden, Colorado, sowie G. Newman aus Salt Lake City.

Im Jahre 1991 begann eine weitere Arbeitsgruppe, die Radiomagnetotellurik-Gruppe, mit der Arbeit. Die Radiomagnetotellurik ist eine elektromagnetische Methode zur Flacherkundung von Altlasten und Deponiestandorten mit Anwendungsmöglichkeiten bei hydrogeologischen Fragestellungen sowie in der Archäologie, die bisher alle genutzt wurden. Die Leitung dieser Gruppe hatten zunächst Peter Wolfgram und Mark Goldmann bis 1993 und ab 1. März 1993 bis heute Bülent Tezkan. Mark Goldmann war für etwa eineinhalb Jahre vom Institute for Petroleum Research and Geophysics in Holon, Israel, beurlaubt. Eine Arbeitsgruppe Gravimetrie wurde 1984 zur Unterstützung der Auswertung der Bohrlochschweredaten des KTB gegründet. Diese Gruppe arbeitete mit dem Geophysics Department der Universität Kairo zusammen. Das Spektrum der elektromagnetischen Verfahren in der Angewandten Geophysik wurde 1995 durch die Gründung einer Arbeitsgruppe GeoRadar unter der Leitung von Martin Pätzold erweitert.

Martin Pätzold ist seit 1. Jan. 1993 am Institut. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt in der Arbeitsgruppe Weltraumphysik mit Radio-Science Experimenten auf verschiedenen Raumsonden, wie Ulysses zur Untersuchung der Turbulenz des Plasmas der Sonnenkorona, der Bestimmung der Abbremsung von Giotto durch den Aufprall von Staubteilchen und nach dem Erreichen des Jupiter am 7. Dez. 1995 durch Galileo die Erkundung der Jupiter-Atmosphäre. M. Pätzold ist Principal Investigator des Radio-Science Experiments auf Rosetta, einer Raumsonde der ESA zum Kometen P/Wirtanen, die 2003 gestartet werden soll. Mit M. Pätzold zusammen arbeitet seit dem 1. Jan. 1995 Alexandre Wennmacher an der Rosetta-Mission und dem Projekt MARS-94.

An der Vorbereitung und Durchführung der 48. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 21. bis 25. März 1988 waren viele Mitarbeiter des Institutes beteiligt. Die Koordination der Aufgaben und damit die Verantwortung lag bei K.-H. Glaßmeier, der 1985 von Münster nach Köln gekommen war.

Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeiten von Karl-Heinz Glaßmeier waren die Auswertung von Satellitenmessungen und theoretische Untersuchungen zum Problem der erdmagnetischen Pulsationen und die Beteiligung an der ESA-Mission CLUSTER. K.-H. Glaßmeier habilitierte sich 1989 und nahm 1990 einen Ruf auf den Lehrstuhl für Geophysik an der TU Braunschweig an.

1989 bekam F.M. Neubauer einen Ruf an die Universität Göttingen, den er 1991 ablehnte. Im März 1995 wurde F.M. Neubauer für zwei Jahre zum Vorsitzenden der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft gewählt.

Nach dem Weggang von E. Raschke wurde Michael Kerschgens zunächst ab Sommersemester 1990 mit der Lehrstuhlvertretung beauftragt und zum 1. Aug. 1992 zum ordentlichen Professor und Institutsdirektor bestellt. M. Kerschgens hatte in Köln bis zum Diplom studiert und war dann zum Meteorologischen Institut der Universität Bonn gegangen. Der Schwerpunkt seiner Forschung ist die Bereitstellung experimenteller und theoretischer Methoden zur Beurteilung anthropogener Modifikationen des lokalen

Klimas. Diese Beurteilung muß im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen durchgeführt werden.

Zur Unterstützung der vielfältigen Modellierungs- und Auswerteaktivitäten war schon frühzeitig der Einsatz leistungsfähiger Datenverarbeitungsanlagen notwendig. Der Einstieg in das Computer-Zeitalter begann 1964, als sich die Möglichkeit bot, eine in den Räumen der Sternwarte Bochum aufgestellte IBM 1620 zu nutzen. Anfang der siebziger Jahre wurde vom Rechenzentrum der Universität eine Datenstation der Fa. CDC für die Geowissenschaften bereitgestellt. Diese Datenstation war über eine noch sehr langsame Leitung mit dem Großrechner CY 76 des Rechenzentrums verbunden. In den ersten Jahren bestand diese Datenstation aus einem Bildschirm mit Tastatur und einem Lochkartenleser. Später kam auch noch ein Drucker hinzu. Die EDV-Ausrüstung wurde seit 1964 durch zwei institutseigene Schreiblocher von IBM komplettiert. Die dezentrale Datenverarbeitung, im wesentlichen Textverarbeitung und Datenerfassung samt Auswertung von Meßdaten, begann ebenfalls Anfang der 70er Jahre mit dem Einsatz von Kleinrechnern, die Vorläufer der heutigen Perso-

nal-Computer. Die Rechnerausstattung war anfangs sehr heterogen, weil das Institut ab 1969 auf zwei und ab 1987 auf vier verschiedene Standorte verteilt war. Einen eigenen Rechner, eine HP 3000, erhielt der Institutsteil in der Zülpicher Straße im Sommer 1982. Ein Jahr später wurde dieser Rechner über eine separate Postleitung an das Rechenzentrum angeschlossen. In der Kerpener Straße konnte 1983 der erste Rechner beschafft werden. Ab 1985 wurde die HP 3000 durch einen Rechner Micro-Vax der Firma DEC ersetzt; 1986 kamen weitere Micro-Vax hinzu. Ab 1988 wurde die Rechnerausstattung sehr viel homogener, weil nach und nach auf Workstations der Firmen SUN, DEC und SGI mit einem einheitlichen Betriebssystem UNIX umgestellt wurde.

Parallel mit dem Zuwachs an Rechner-Kapazitäten erfolgte der Ausbau des Universitätsnetzes, das 1990 mit der Verlegung eines Lichtwellenleiters bis zu den Geo-Instituten an der Zülpicher Straße, 1991 zur Kerpener Straße und 1994 mit der Inbetriebnahme eines Netzes im Institutsgebäude auf den neuesten Stand gebracht wurde.

Geschichte des Geophysikalischen Instituts zu Hamburg

Jannis Makris & Hans Bodo Hirschleber

Private Erdbebenstation

Am Anfang der Geophysik in Hamburg stand ein Kaufmann: Der Privatgelehrte Richard Schütt (1864-1943, Abb. 1) errichtete 1897 auf seinem eigenen Grundstück in Hamburg-Hohenfelde eine Erdbebenstation, die am 17. Juli 1898 als Horizontalpendel-Station in Betrieb genommen wurde (SCHÜTT 1901). Die Station fand großes Interesse in der wissenschaftlichen Fachwelt und wurde schon in den ersten Jahren von vielen namhaften Seismologen besucht. So weist das Gästebuch den Besuch von Emil Wiechert im Jahre 1901 aus. Im selben Jahr besichtigte auch Senator von Melle die Station, der sich in der Folgezeit als großer Förderer der Station erweisen sollte. Seit Oktober 1900 gab Schütt "Mitteilungen der Horizontalpendel-Station Hamburg" heraus, in denen die bearbeiteten Seismogramme veröffentlicht wurden. Diese Berichte enthielten überdies auch einen Vergleich der hiesigen Registrierungen mit denen anderer Erdbebenwarten und alle der Hamburger Station zugegangenen Nachrichten über "gefühlte" Beben (TAMS 1909).

Erdbebenstation und Abteilung im Physikalischen Staatsinstitut

Inzwischen hatte das Deutsche Reich auf Anregung von Georg Gerland eine Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg begründet, die nicht nur den Mittelpunkt der Erdbebenforschungen in Deutschland bilden sollte, sondern auch als Zentralstelle für eine neu zu gründende Internationale Seismologische Assoziation in Aussicht genommen war. Um als "Kontrollstation" für Straßburg akzeptiert zu werden, mußte nach einer Mitteilung

des Reichskanzlers an den Hamburger Senat aus der privaten Hamburger Station eine staatliche werden, der nach Ausbau zur "Hauptstation" die Nebenstationen in Helgo-



Abb. 1: Privatgelehrter Richard Schütt (1864-1943), Begründer und Stifter der ersten beiden Erdbebenstationen (aus BELAR 1905/06).

land und Rostock unterstellt werden sollten.

Da es (schon damals) äußerst schwierig war, vom Hamburger Staat größere Summen für diesen Zweck zu erlangen, verpflichtete sich Schütt, auf dem Grundstück des Physikalischen Staatslaboratoriums an der Jungiusstraße erneut auf seine Kosten eine Haupt-Erdbeben-Beobachtungsstation zu erbauen und mit allen erforderlichen Instrumenten und sonstigen Einrichtungen vollständig betriebsfähig ausrüsten zu lassen, um diese sodann der Oberschulbehörde als freies Staatseigentum zu übergeben. Ferner erklärte sich Schütt bereit, die Station zu leiten, ohne dafür Gehalt zu beziehen. Auch die Deckung der laufenden Betriebskosten der Station übernahm er, selbst für den Fall, daß er später nicht mehr selbst Leiter der Station sein sollte. Die einzige Gegenleistung, die Schütt erfuhr, war seine Berufung in das Kuratorium der Kaiserlichen Hauptstation zu Straßburg (BELAR 1905/06, VON MELLE 1923).

Mit der im Jahre 1903 beschlossenen und im Jahre 1905 realisierten Errichtung einer Hauptstation für Erdbebenforschung als einer Abteilung des Physikalischen Staatslaboratoriums, das später zum Physikalischen Staatsinstitut wurde, war die Geophysik in Hamburg institutionalisiert. Diese Station konnte nicht nur als eine von wenigen auf der Erde das berühmte Erdbeben von San Francisco am 18. April 1906 aufzeichnen, sondern war auch die Keimzelle des geophysikalischen akademischen Lebens in Hamburg. So bot der 1908 als Assistent in das Physikalische Staatslaboratorium eingetretene Ernst Tams im Wintersemester 1911/12 die Vorlesung "Grundzüge der neueren Erdbebenforschung" am Hamburgischen Kolonialinstitut - dem Vorläufer der Universität - an.

Mit der Gründung der Universität im Jahre 1919 wurde das Angebot an geophysikalischen Lehrveranstaltungen verstärkt, die im Vorlesungsverzeichnis unter dem Block "Astronomie, Geodäsie, Geophysik" der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät aufgeführt waren. Die Physik des Erdkörpers wurde dabei von Ernst Tams (1882-1963, Abb. 2) wahrgenommen, der bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1946 eine Vielzahl von unterschiedlichen Vorlesungen gehalten hat. Diese Vielfalt spiegelt sich auch in seinen Forschungen und Publikationen wider (HILLER 1964). Vorlesungen im oben erwähnten Block wurden auch von Mitgliedern der Deutschen Seewarte gehalten, so von Alfred Wegener, der von 1919 bis 1924 deren Leiter war. Auch Friedrich Errulat (1889-1969), der von 1936 bis 1954 das Referat "Erdmagnetismus" erst in der Seewarte, später im Deutschen Hydrographischen Institut vertrat, hat viele Vorlesungen an der Universität gehalten (MEYER 1969). Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft hat ihn 1956 genauso zum Ehrenmitglied ernannt wie zuvor 1953 Ernst Tams. Zu erwähnen ist noch, daß 1926 ein Ordentlicher Lehrstuhl für Physik des Erdkörpers zwar errichtet, aber nicht realisiert wurde, während Lehrstühle für Meteorologie (1929) und Meereskunde (1939) besetzt wurden. Die geophysikalische Dreieckigkeit - Physik der Erde, der Wasserhülle und der Atmosphäre - wurde bereits vom ersten Semester der 1919 gegründeten Universität an durch ein gemeinsames Kolloquium, an dem auch die Seewarte beteiligt war, manifestiert.

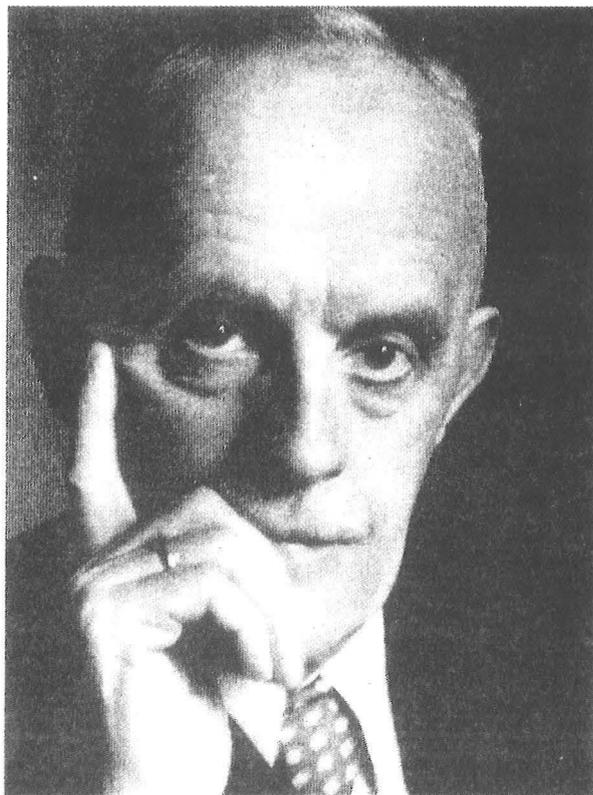


Abb. 2: Ernst Tams (1882-1963), Geophysiker am Institut von 1908 bis 1946 (aus HILLER 1964).

Das Geophysikalische Institut

Nach dem Kriege wurde aufgrund vielfacher Schäden Meteorologie, Meereskunde und Physik des Erdkörpers zu einem Geophysikalischen Institut unter der Leitung des Meteorologen Paul Raethjen zusammengezogen. Dieses Institut, das von 1948 bis 1964 bestand, war zunächst in einem Hochbunker in der Rothenbaumchaussee untergebracht. Die Physik des Erdkörpers wurde darin von Heinz Menzel (1910-1988) vertreten. Er wurde auch Leiter der Erdbebenstation, deren Gebäude zwar durch Bomben völlig zerstört worden war, deren Geräte aber gerettet werden konnten. Nachdem die durch wiederholte Umlagerungen aufgetretenen Beschädigungen an den Instrumenten repariert worden waren, konnte eine 'neue' Station im Juni 1952 als Kernstück eines Geophysikalischen Observatoriums in ehemaligen Wehrmachtbunkern in den Harburger Bergen neu errichtet werden, wo sie sich noch heute befindet. Neben den traditionellen Arbeiten über mikroseismische Bodenunruhe und den ersten modellseismischen Untersuchungen gehörte auch das Aufspüren von Blindgängern und Erschütterungsmessungen im alten Elbtunnel zu den Aufgaben der damaligen Zeit. Immerhin ist es daraufhin gelungen, das Sprengen der Trockendocks durch die Engländer zu stoppen und damit den Tunnel zu erhalten.

In dieser Zeit des Geophysikalischen Instituts wurden zu den gemeinschaftlichen Einrichtungen Observatorium und Kolloquium auch eine gemeinsame Bibliothek angelegt

und später gemeinsame Rechenanlagen angeschafft. Als Menzel 1957 an die Bergakademie Clausthal berufen wurde, übernahm Klaus Strobach die Belange der Physik der festen Erde im Institut und in der Erdbebenstation.

Das Institut für Geophysik

Nachdem bereits 1957 ein selbständiges Institut für Meereskunde gegründet worden war, wurde 1964 aus dem Geophysikalischen Institut ein Meteorologisches Institut und ein Institut für die Physik des Erdkörpers (IPE) gebildet. Erster Direktor dieses Instituts und zugleich Ordinarius für das Fach "Physik des Erdkörpers" wurde Heinz Menzel (Abb. 3). Die Hauptarbeitsgebiete des IPE waren Seeseismik, Sprengseismik auf dem Lande, Modellseismik, Erdbebenforschung und Gravimetrie (MENZEL 1969).

1970 fusionierte die Abteilung für Theoretische Geophysik, die unter Leitung von Klaus Hasselmann über schwache Wechselwirkungen in statistischen Wellenfeldern speziell im Ozean arbeitete, mit dem IPE zum jetzigen Institut für Geophysik (IfG). 1975 übernahm Hasselmann das Max-Planck-Institut für Meteorologie und schied auch als Professor aus dem Institut für Geophysik aus. Der Lehrstuhl für Theoretische Geophysik wurde im Zuge von Sparmaßnahmen abgeschafft.

Menzels Verdienste sind von STROBACH (1989) in einer Laudatio während eines Festkoloquiums anlässlich seines 75. Geburtstages eindrucksvoll dargelegt worden. Für das



Abb. 3: Heinz Menzel (1910-1988), Geophysiker am Institut von 1948-1957 und 1964-1978 (aus STROBACH 1989).

Institut und darüberhinaus für die Geophysik im nationalen und internationalen Bereich waren Menzels Initiativen auf den Gebieten Modellseismik und Seismik auf dem Meere besonders wichtig. Sein Engagement bei den ersten Schwerpunktprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und bei der Gründung des Forschungskollegiums Physik des Erdkörpers (FKPE) sind ebenfalls hervorzuheben. Auch war er Vorsitzender der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (1971-1973), die ihn 1975 zum Ehrenmitglied ernannte. 1978 wurde Heinz Menzel emeritiert.

Als Nachfolger auf den Lehrstuhl für Geophysik wurde Jannis Makris berufen. Unter seiner Leitung wurde ein weiterer Ausbau der Geophysik im marinen Bereich in die Wege geleitet. Dies wurde nachdrücklich 1979 durch entsprechende Beschlüsse vom FKPE und der DFG-Senatskommission für Ozeanographie unterstützt.

Im Zeitabschnitt von 1979 bis 1995 entwickelte sich die marine Geophysik in rasantem Tempo. Die Forschungsmittel, die dem Institut von seiten Dritter für Entwicklungsarbeiten zur Verfügung gestellt wurden, wuchsen von 380.000 DM im Jahre 1975 auf 2.500.000 DM im Jahr 1981 und stiegen auf ungefähr 8.000.000 DM pro Jahr in der Zeit von 1985 bis 1990.

Die Studentenzahlen entwickelten sich ebenfalls stetig, und zwar von 25 immatrikulierten Studenten im Sommersemester 1974 auf 90 Studenten im Sommersemester 1980 und

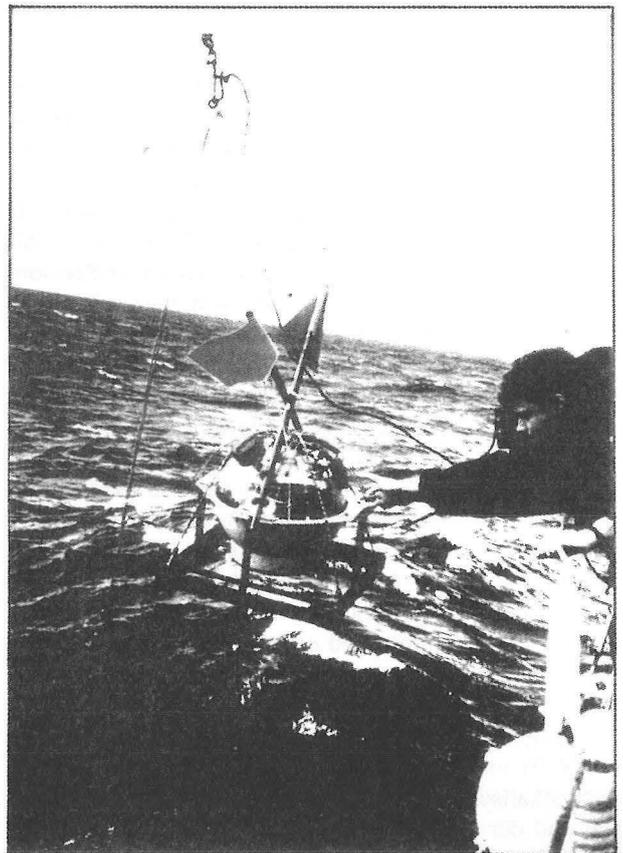


Abb. 4: Aussetzen eines Ozeanbodenseismographen

auf mehr als 100 Studenten in den Jahren 1980 bis 1994.

Es wurden neue Systeme für Ozeanbodenseismographen entwickelt, sowohl für Seismizitäts- als auch für seismische Messungen im Weitwinkelbereich (Abb. 4). Die Potentialverfahren (Gravimetrie und Magnetik) wurden instrumentell und methodisch weiterentwickelt und als Bestandteil aller marinen Vermessungen integriert. Die Reflexionsseismik auf See wurde durch eine Meßapparatur mit 48 Kanälen (DFS-V), Airgun- und Sleevegun-Arrays, entsprechende Kompressor-Anlagen sowie einen 2,4 km langen Streamer auf den neuesten Stand gebracht. Hochauflösende Methoden haben ebenfalls das Repertoire der marinen Seismik erweitert. Zudem wurden Wärmeflußdichtemessungen im Ozean durchgeführt.

Regional engagierte sich das Institut bei Vermessungen im Skagerrak, an mittelozeanischen Rücken und an passiven und aktiven Kontinentalrändern sowohl im pazifischen Raum als auch im Atlantik, im Roten Meer, im Mittelmeer und in der Antarktis. Im Rahmen dieser Aktivitäten wurde die internationale Kooperation des Institutes mit vielen Organisationen im In- und Ausland belebt und gefestigt.

Parallel zu den oben genannten Aktivitäten im marinen Bereich wurde die Abteilung für Angewandte Geophysik unter besonderer Berücksichtigung der Theorie der angewandten Seismik stark entwickelt. Dadurch wurden die experimentellen Arbeiten der marinen Geophysik theoretisch unterstützt.

Die Hamburger Erdbebenstation wurde in diesem Zeitraum in das Deutsche Regionale Seismologische Netz integriert und mit modernen Instrumenten ausgestattet. Neuerdings wurde eine Außenstelle in Bad Segeberg eingerichtet, um die Registrierbedingungen zu verbessern.

Das Institut für Geophysik ist Teil des Zentrums für Meeres- und Klimaforschung (ZMK) der Universität Hamburg, wodurch die Integration der Forschungsaktivitäten auf See in benachbarten Disziplinen verstärkt wird. Wir sehen

weiterhin die Aufgaben des Institutes sowohl im Bereich der Lehre und Ausbildung in der allgemeinen und marinen Geophysik als auch in der Erforschung regionaler Strukturen im Ozean und der Entwicklung von Meß- und Auswertemethoden für die angewandte und Prospektions-Geophysik.

Die Autoren bedanken sich beim Leiter der Hamburger Bibliothek für Universitätsgeschichte, Herrn Eckart Krause, für seine äußerst wertvollen Hinweise. Dank gilt auch dem heutigen Leiter des Observatoriums, dem Kollegen Jürgen Klußmann, für die Unterstützung dieser Arbeit.

Literatur

BELAR, A. (1905/06): Dr. R. Schütt - Begründer und Stifter der Hamburger Hauptstation für Erdbebenforschung. - Die Erdbebenwarte V: 184-186.

HILLER, W. (1964): In Memoriam Ernst Tams. - Zeitschr. für Geophys. 30: 49-50.

VON MELLE, W. (1923): Dreißig Jahre Hamburger Wissenschaft 1891-1921 - Rückblicke und persönliche Erinnerungen. - herausgegeben auf Anregung der Hamburgischen Wissenschaftlichen Stiftung 1: 254-258; Hamburg (Kommissionsverlag von Broschek & Co.).

MENZEL, H. (1969): Physik des Erdkörpers. - in: Universität Hamburg 1919-1969: 277; (Selbstverlag der Universität).

MEYER, O. (1969): In Memoriam Friedrich Errulat. - Zeitschr. für Geophys. 35: 623-624.

SCHÜTT, R. (1901): Die Horizontalpendelstation in Hamburg.- Beitr. zur Geophys., Zeitsch. für physikalische Erdkunde 4 (2).

STROBACH, K. (1989): Laudatio auf Professor Dr. Heinz Menzel. - Festkolloquiums am 28. Juni 1985, in: Weigel, W.: Hamburger Geophysik. Einzelschriften H. 90: 7-14.

TAMS, E. (1909): Die seismischen Registrierungen in Hamburg vom 1. April 1908 bis zum 31. Dezember 1908. - Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten XXVI, 6. Beiheft; Mitteil. aus dem Physikal. Staatslaboratorium; Hamburg (Kommissionsverlag von Lucas Gräfe & Sillem).

Geschichte des Instituts für Geophysik an der Christian-Albrechts-Universität Kiel und der Erdbebenwarte Helgoland

Rolf Meißner & Hans-Peter Tiedemann

Geschichte des Geophysikalischen Instituts

Geophysik in Kiel begann mit dem Jahr 1951. Prof. Dr. K. Jung, damals tätig in Clausthal-Zellerfeld und weltbekannter Fachmann der theoretischen Geophysik, insbesondere der Gravimetrie, erhielt den ersten Lehrauftrag für Geophysik an der Universität Kiel. Aus dem Lehrauftrag wurde 1956 ein Lehrstuhl, der am Institut für Meereskunde angesiedelt wurde. Im Oktober 1960 gelang die Gründung eines Institutes mit zunächst 6 Räumen innerhalb des Instituts für Angewandte Physik. Im Mai 1966 folgte ein erneuter Umzug und zwar in zwei Etagen des Geographischen Instituts. K. Jung wurde im Oktober 1970 emeritiert. Seine Stelle übernahm Prof. Dr. R. Meißner am 1. April 1971. Waren bis dahin gravimetrische Forschungen dominierend und seismologische und seismische Arbeiten eher etwas bescheidener vertreten, kamen nun einige neue Forschungsrichtungen aus Planetologie, besonders Mondforschung, angewandter Seismik und Erdbebenforschung hinzu. Die Zahl der Studenten wuchs, und 1977 führte ein erneuter Umzug in zwei große Etagen im neu errichteten Physikzentrum. Die weitere Ausweitung wissenschaftlicher Projekte und die Vergrößerung der Studentenzahl der Haupt- und Nebenfächler, letztere meist aus Geologie und Ozeanographie, machte es notwendig, eine weitere 3/4 Etage im Hause und eine weitere halbe Etage in den Gebäuden des Physikzentrums zu akquirieren. Im ganzen verfügt die Geophysik 1996 über etwa 3000 qm Arbeitsräume, Garagen und Lagerräume.

Die Studentenentwicklung

Die Zahl der Studenten hat sich von 12 im Hauptfach und 5 im Nebenfach 1971 auf 138 bzw. 104 im Jahr 1995 entwickelt. Erst 1995 ging die Zahl der Erstsemester - einem allgemeinen Trend folgend - etwas zurück. Etwa die Hälfte der Studenten gehen mit dem Diplom in die Wirtschaft oder Industrie, während die anderen eine Promotion anstreben. Diese ist für Positionen in der Forschung im In- und Ausland meist Bedingung und hat zur Besetzung einer Reihe von Stellen vom Post-Graduate bis zum Assistant-Professor im angelsächsischen Raum geführt. Bis etwa 1987 bot auch die Erdöl- und Explorationsindustrie eine Menge Positionen für diplomierte und promovierte Geophysiker an; doch hat der starke wirtschaftliche Rückgang der gesamten Kohlenwasserstoffbranche auch die Arbeitsmöglichkeiten für Absolventen der Geophysik stark verschlechtert bzw. verändert. Seit etwa 10 Jahren gehen die meisten ausgebildeten Kieler Geophysiker in die Umwelt- und Ingenieurgeophysik.

Die sich abzeichnende Situation am Arbeitsmarkt hatte schon Ende der 70er Jahre zu einem verstärkten Ausbau der angewandten Geophysik, speziell der Ingenieur- und Umweltgeophysik geführt. Sie ist heute die am stärksten von Studenten frequentierte Arbeitsgruppe des Instituts und bietet Absolventen der Geophysik ausreichende bis gute

Arbeitsmöglichkeiten, nicht zuletzt auch deswegen, weil von früheren Institutsmitarbeitern und Studenten seit 1970 insgesamt sieben Firmen gegründet wurden. Auch der im Jahr 1987 etablierte Verein der Freunde und Förderer des Instituts für Geophysik e.V. unterstützt Studenten und Wissenschaftler nachhaltig.

Ab Mitte der 70er Jahre wurden zunehmend ausländische Bewerber als Studenten für Diplom und Promotionsstudiengänge aufgenommen. Diese kamen und kommen aus vielen Ländern der Erde. In Ägypten haben etwa 70% aller in Forschung und Industrie tätigen Geophysiker eine Ausbildung in Kiel erfahren.

Die Struktur des Instituts

Da bis Anfang der 80er Jahre nur ein Professor (Meißner) am Institut tätig war, wurde schon früh eine Einteilung in Arbeitsgruppen vorgenommen, die von einem Arbeitsgruppenleiter, einem Assistenten oder festangestellten Wissenschaftler betreut wurden. Die Arbeitsgruppen formten kleine, relativ unabhängige Einheiten, die vor allem die Forschungstätigkeit, aber auch die Lehre, auf ihren Gebieten konzentriert erfassen und den neuesten Entwicklungsstand diskutieren sollten. Mit der Habilitation von J. Zschau (1979) und seiner Berufung auf eine C3-Professur (1980) wurden Forschung und Lehre wesentlich verbreitert. Die anfänglich fünf Arbeitsgruppen haben ihre Aufgaben bis heute beibehalten, obwohl es die Entwicklung erforderte, oft weitere Schwerpunkte innerhalb der Gruppen oder auch übergreifend zu formen.

Aufgaben und Arbeitsgebiete der Gruppen sind in Abb. 1 tabellarisch zusammengefaßt. Zusätzlich zu den neun wissenschaftlichen Festangestellten war stets eine steigende Anzahl von Drittmittelbeschäftigten in die Forschungsarbeit der verschiedenen Arbeitsgruppen eingebunden. Ihre Einwerbung konnte durch Anträge bei der DFG, Industrie, später auch BMFT und EC-Brüssel, realisiert werden. Auch eine Anzahl prominenter Gastprofessoren und Gastwissenschaftler half fast ständig in Lehre und Forschung, so daß meist 7 bis 15 zusätzliche Forscher oder graduierte Studenten am Institut tätig waren, teils halb-, teils vollbeschäftigt. Durch das geologisch-seegeophysikalische EC-ERASMUS-MERCATOR Programm wurde innerhalb Europas ständig ein Austausch von Wissenschaftlern und Studenten durchgeführt.

Entwicklung in Forschung und Lehre

Unter K. Jung waren in den Jahren 1960 bis 1970 im wesentlichen gravimetrische sowie einige seismologische Forschungsarbeiten durchgeführt worden. In der Lehre wurde seinerzeit und auch unter Meißner bis Ende der 70er Jahre versucht, alle Gebiete der Geophysik abzudecken. In der Forschung standen in den 70er Jahren die seismologische Mondforschung im Vordergrund, doch wurde parallel

	Erdkrustenforschung, Tiefenseismik	Ingenieur- und Umweltgeophysik	Marine Geophysik	Regionale, Globale Geodynamik	Planetologie
Ziele:	Struktur u. Evolution der Erdkruste, Terranes, Reflektivität, Rheologie, Störungen	Flache Strukturen, Lithologie, Petrophysik, Hydrogeologie, Deponien, Entsorgung	Geotechnik, Umweltforschung, Stratigraphie v. Schelfen, Rücken, Sedimentphysik	Rheologie des Erdmantels, Dynamik des Systems Erde, Deformationen der Erde	Globale Strukturen terrestr. Planeten, Vergleiche mit Erde, Hot Spots u. Mantle Plumes
Methoden:	Steil- und Weitwinkel-seismik, Gravimetrie, Prozessing-Entwicklung, Korrelationen, Reflektivität-Viskosität	Mehrkomponenten-Seismik, Georadar, Geomagnetik, Geoelektrik, Elektromagnetik, Prozessing-Entwicklungen	Ein- und Mehrspur-seismik, Sondeneinsatz, Magnetik, Kombinationen, Labor-messungen, Durchschallung	Modellierung von Deformationen, Analyse von meteorolog., ozeanograph., und geophys. Daten, Systemtheorie	Analysen der Schwerefelder, Lineamente, Kartierung, rheologische Modellrechnungen
Gruppenleiter 1996:	Prof. Milkereit, Prof. Rabbel	Dr. Stümpel, Prof. Rabbel	Dr. Theilen	Dr. Plag	Prof. Janle

Abb. 1: Struktur der Forschungsarbeiten am Institut

die angewandte Geophysik und die Erdkrustenforschung aufgebaut, wobei seismische Methoden stets eine dominierende Rolle spielten.

Ab Ende der 70er Jahre entwickelten sich in Deutschland zwei große Forschungsprogramme innerhalb der Erforschung der Erdkruste und der Lithosphäre, die eine ständige Vergrößerung der Arbeitsgruppe Tiefenseismik mit sich brachte. Es war einmal das DEKORP-Programm, das erste Feldmessungen im Jahr 1984 realisieren konnte, zum anderen das Kontinentale Tiefbohrprogramm KTB, das nach langen Vorbereitungen 1987 die Bohrtätigkeit in der Oberpfalz aufnahm. Bei beiden Projekten waren Mitarbeiter des Instituts sowohl bei den Vorbereitungen als auch bei den Messungen aktiv beteiligt. Besonders das heute noch aktive DEKORP-Programm, das von Meißner als stellvertretendem Leiter der Steuerungsgruppe lange Jahre betreut wurde, beschäftigte ständig 3 bis 4 durch DEKORP bzw. BMFT bezahlte Studenten und Mitarbeiter. Als weiteres Großprogramm innerhalb der Tiefenseismik begann im Jahre 1989 das Projekt BABEL (Baltic and Bothnian Echoes of the Lithosphere) unter Kieler Federführung. Spektakuläre Erkenntnisse über den tiefen Untergrund der Ostsee wurden durch marine reflexions- und weitwinkel-seismische Messungen und ihre Interpretation gewonnen.

Außer diesen Großprojekten wurden geophysikalische Traversen unter Kieler Federführung über die Wärmeanomalie Urach, durch die Eifel, in Kolumbien (zweimal), in Skandinavien (Blue Road, Blue Norma, EUGENO), in Mexiko (GEOLIMEX) und Tibet (GEDEPTH) durchgeführt und viele Beteiligungen als Mitantagsteller oder Helfer bei Projekten in den Alpen, der Geotraverse oder Norddeutschland realisiert. Zu erwähnen ist auch ein langjähriges DFG-Schwerpunktprogramm Unterkruste, in dem von Kieler Forschern die große Bedeutung der Viskosität für Deformationen, Reflektivität und Seismizität erkannt wurde. Umfangreiche Studien der Anisotropie gehören ebenfalls zu den Forschungsaufgaben der Gruppe. Erdbeben- und Erdbebenvorhersageforschung (Großprojekte Türkei) waren weitere fachübergreifende und inter-

disziplinäre Arbeiten, die am Institut federführend angesiedelt waren.

Zu einer weiteren großen Arbeitsgruppe des Instituts entwickelte sich die Ingenieur- und Umweltgeophysik. Frühe Arbeiten im Haddebyer Noor führten zur Entdeckung einer Menge wikingerzeitlicher archäologischer Objekte im Schlamm des Seegrundes: Relikte von Schiffen, Einbäumen, Waffen sowie einer der ersten Glocken der frühchristlichen Zeit. Zwischen 1975 und 1995 konnte sich die Arbeitsgruppe mit allen notwendigen Instrumenten, Geräten, Prozessingeinheiten und Interpretationsprogrammen ausstatten, die für eine angewandte Forschung notwendig sind. Neben dem Erwerb von Geräten wurden eine Reihe von Eigenentwicklungen auf den Gebieten Geoelektrik, Geomagnetik und Georadar unter der Leitung von Dr. Stümpel durchgeführt. Messungen mit Scherwellen, durch verschiedene Industrie- und DFG-Projekte gefördert, erreichten einen hohen Standard und wurden im Umfeld der KTB und anderen Projekten eingesetzt. Aufsehenerregende Entdeckungen gelangen auf dem Gebiet der Archäologie, wie z.B. die Kartierung einer hethitischen Stadtmauer in der Türkei, die mit verschiedenen Methoden kartiert wurde. Die Arbeitsgruppe bildet darüber hinaus Studenten für viele umweltrelevante Tätigkeiten, z.B. Grundwasser-, Abwassermonitoring, Entsorgungs- und Lagerungsprobleme, aus, so daß viele Studenten ihre Diplomarbeiten auf diesem Arbeitsgebiet anstreben, das offenbar zur Zeit die besten Zukunftsaussichten für Geophysiker bietet.

Die Arbeitsgruppe Marine Geophysik befaßt sich seit vielen Jahren mit geophysikalischen Messungen und Entwicklungen, die für Sedimentverteilung, Tektonik, aber auch für Physik der Sedimente und Festigkeitsüberlegungen eine Rolle spielen. Verschiedene reflexionsseismische Pre-Site Surveys im Bereich von Bohrungen im Nordatlantik, Strukturen in der Bransfield Straße und dem Schelf in der Antarktis (zweimal) und eine große Anzahl von Messungen in Nordsee und zweimal Nordatlantik gehören zum umfangreichen Meßprogramm. Darüberhinaus wurden eine Reihe neuer Meßkonzepte entworfen und realisiert, so z.B.

eine Methode, Scherwellen am Meeresgrund zu messen. Auch eine Objektortung (z.B. in der Elbe), die Anschaffung eines Tiefseestreamers und die Entwicklung spezieller Sonden für oberflächennahe Sedimente, mit denen magnetische, elektrische und weitere geophysikalische Parameter in situ gemessen werden können, gehören zu den speziellen Entwicklungen dieser Gruppe. In Zusammenarbeit mit der Geologie werden direkt nach dem Erhalt großer Bohrproben durch Kastengreifer im Schiffslabor seismische P- und S-Wellen durch hochfrequente Anregung gemessen und kartiert. Auch die Absorption von Sedimenten wurde durch verschiedene Studien, durch Beprobung und speziell in einer extra entwickelten Durchschallungsanlage im Labor gemessen. Die Arbeitsgruppe ist fester Bestandteil des universitären Forschungsschwerpunktes Meeresforschung, der das ganze Spektrum mariner Forschungen vereint. Seit Beginn ist Dr. Fr. Theilen der Leiter der marinen Arbeitsgruppe des Institutes.

Die Arbeitsgruppe Regionale Geodynamik wurde Ende der 70er Jahre von Prof. Zschau ins Leben gerufen. Zunächst konzentriert auf Gezeitenpendel in Bohrlöchern und deren Ergebnisse in Bezug auf Neigungen der Erdoberfläche durch Gezeiteneinflüsse, aber auch durch sich nähernde Sturmfluten, entwickelten sich eine Reihe weitere Aufgabenstellungen über Auflasteinflüsse allgemein, auf unterschiedliche Antwortfunktionen der Erde im Bereich von Störungen und die Figur der Erde. Anfang der 80er Jahre begannen Studien zur Erdbebenvorhersageforschung, die im Aufbau eines Multiparameter-Meßnetzes im Bereich der westlichen nordanatolischen Störung gipfelten. In den ersten 10 Jahren wurde, unterstützt durch die DFG, eine sehr interdisziplinär arbeitende Forschergruppe gebildet. 1991 wurde dieses Großprojekt in die Desasterforschung des GFZ Potsdam integriert, deren Leitung Zschau übernahm. Nach Weggang von Zschau aus Kiel, der etwa 10 Mitarbeiter nach Potsdam mitnahm, werden einige Unterprojekte, wie z.B. das "aktive seismische Experiment" weiterhin von Kiel aus betreut.

Ebenfalls von Zschau wurde Anfang der 80er Jahre die Arbeitsgruppe Globale Geodynamik aufgebaut. Hierbei stand zunächst die Untersuchung der Rheologie des Erdmantels und ihres Einflusses auf seismische und gezeitenbedingte Deformationen der Erde im Vordergrund. Ab 1988 wurden die von der Gruppe bearbeiteten Inhalte von Dr. H.-P. Plag zunächst gemeinsam mit Prof. Zschau auf eine Betrachtung der Wechselwirkungen von Atmosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre mit der festen Erde ausgeweitet, wobei hier die von atmosphärischen, ozeanischen und glazialen Auflasten bewirkte Deformation zur Untersuchung der Viskosität des Erdmantels herangezogen wird. Innerhalb der DFG- und EU-geförderten Projekte nehmen heute zunehmend klimarelevante Themen einen Raum ein wie z.B. Schwankungen des Meeresspiegels und der Einfluß von Variationen der atmosphärischen Zirkulation auf die Erdrotationsschwankungen.

Die Arbeitsgruppe Planetologie hatte sich in den 70er Jahren aus der Mondforschung heraus entwickelt. Ab 1975 mit dem Abschalten der seismischen Stationen des Apollo-Programms und dem Ausbleiben neuer Daten kam die seismologische Mondforschung langsam zum Erliegen.

Durch Verfolgung gravimetrischer Daten, die durch Orbiter um Mond, Mars und Venus gesammelt wurden, sowie durch bessere Fotomissionen, Radaruntersuchungen und Reliefstudien wurde eine vergleichende Planetologie geschaffen, die als kleine, aber aktive Forschergruppe seit Mitte der 70er Jahre bis heute arbeitet, seit langem unter Leitung von Prof. Janle.

Die vielfältigen Oberflächenformen von Merkur, Venus, Mond, Mars und Erde werden durch das Vorherrschen gewisser exogener oder endogener Prozesse erklärt. Viele neuere Erkenntnisse über die planetaren Körper, sei es Plume-Aktivität oder Tektonik, werden mit Datensätzen der Erde verglichen und hauptsächlich auf die unterschiedliche thermische Entwicklung zurückgeführt. Die Evolution der Plattentektonik auf der Erde wird durch die Beobachtung gewisser tektonischer Phasen auf den anderen planetaren Körpern zwar als einmalig aber doch als eine zwingende Notwendigkeit der chemischen und thermischen Entwicklung angesehen.

In der Lehre wurde es ab Ende der 70er Jahre notwendig, die Themenkreise der Vorlesungen um weitere Gebiete zu ergänzen und zu vertiefen, vor allem auf dem Gebiet der theoretischen Geophysik, speziell der Gezeitenforschung und der Geodynamik. Dies geschah durch Übernahme vieler Vorlesungen durch Zschau, aber auch durch Vorlesungen und Kurse, die von den Gruppenleitern regelmäßig und kontinuierlich abgehalten wurden. Zusätzlich waren fast ständig Gastdozenten aus USA, England, Frankreich und Skandinavien für Spezialvorlesungen und Praktika am Institut. Die steigende Zahl auch der Nebenfachstudenten, meist aus der Geologie, machte die Einrichtung besonderer Seminare und bis zu vier parallel laufenden Nebenfachpraktika notwendig, für die in letzter Zeit besondere Lehraufträge zustande kamen. Eine besondere Würdigung für die Ausbildung der Geophysik-Studenten in den 70er und 80er Jahren gebührt Dr. J. Voß, der im Januar 1990 einem Krebsleiden erlag. Er erkannte frühzeitig die steigende Bedeutung der Einführung moderner Computer-Technik in die verschiedensten Bereiche der Geophysik und hat sich durch besondere Einführungskurse und -vorlesungen verdient gemacht. Er hinterließ eine Lücke, die bis jetzt nicht geschlossen werden konnte.

Die Zahl der Diplomarbeiten bzw. Dissertationen am Kieler Institut stieg kontinuierlich an, von einer (1971) auf 14 (1995). Von den insgesamt 6 Habilitierten erhielt der erste (Zschau) 1980 eine C3-Stelle in Kiel und 1992 eine C4-Position am GFZ Potsdam. Eine weitere C4-Stelle hat Prof. M. Lange in Münster, eine C3-Position haben Prof. Kämpel in Bonn und Prof. Rabbel in Kiel inne. Die habilitierten Dr. Flüh und Dr. Janle sind zu außerplanmäßigen Professoren ernannt worden. Prof. Rabbel ist seit Juli 1995 im Amt und betreut die seismischen und seismologischen Arbeitsgruppen.

Die Gründung von GEOMAR mit einer großen Abteilung Marine Geodynamik - Geophysik im Jahre 1989 erweiterte sowohl das Forschungs- wie das Lehrangebot beträchtlich. Während die geophysikalische Forschung in GEOMAR sich naturgemäß mit marinen Fragen und Meßmethoden, insbesondere mit der reflexionsseismischen Erforschung

der Akkretionskeile an aktiven Kontinentalrändern befaßt und auch Interpretations- und Processingmethoden signifikant verbessert, profitierte das Institut für Geophysik hauptsächlich von einem stark gesteigerten Lehrangebot, sowohl in der Grundausbildung als vor allem durch Spezialvorlesungen, Seminare und Betreuung von Diplomarbeiten. Dadurch wird in Kiel die Breite geophysikalischer Forschung gut vertreten, und es werden viele Möglichkeiten zur Spezialisierung geschaffen.

Eine Besonderheit des Institutes für Geophysik war stets das Bestreben, prominente Gastwissenschaftler und Studenten aus allen Teilen der Welt einzuladen, aufzunehmen und mit ihnen zusammen eine aktive Forschung zu betreiben. Gute Forschung, wie sie durch mehr als 550 Arbeiten von Institutsmitgliedern in referierten wissenschaftlichen Journalen dokumentiert ist, basiert auf Anregungen, Ideen und Zusammenarbeit. Die vielen Forschungsaufenthalte ausländischer Gäste in Kiel und diejenigen von Institutsmitgliedern im Ausland haben viele freundschaftliche und wissenschaftliche Kontakte geknüpft, die für erfolgreiche Forschung eine Voraussetzung darstellen.

Am 1. April 1996 wird Prof. Milkereit die Nachfolge von Prof. Meißner antreten. Weitere, aber ähnliche Arbeitsgebiete, vor allem eine bessere Ausrüstung mit Computern, Hard- und Software-Programmen und Processing-Verfahren werden eingerichtet werden. Kontinuität in Forschung und Lehre und eine nachhaltige Modernisierung sind somit für das Institut für Geophysik sichergestellt.

Geschichte seismologischer Beobachtungen auf der Insel Helgoland

Im Gegensatz zur relativ jungen Historie des Instituts in Kiel reicht die Geschichte seismologischer Beobachtungen auf Helgoland bis zum Beginn unseres Jahrhunderts zurück. Der in Abb. 2 wiedergegebene Brief des Helgoländer Schuldirektors, A. vom Brocke, belegt, daß bereits im Jahre 1904 auf der Insel im Leuchtfeuergehöft vom Wasserbauamt Tönning ein Seismograph betrieben wurde, der zur Beweissicherung für Schadensfälle bei Schießmanövern der Reichsmarine dienen sollte.

An der Universität Göttingen interessierte sich E. Wiechert, der durch seinen an der Biologischen Anstalt Helgoland tätigen Schwiegersohn von dieser Station gehört hatte, für die seismographischen Aufzeichnungen. An ihn richtete sich obiges Schreiben. Als Seismologe war er mit der Übermittlung von Einsatzzeiten, wie von vom Brocke angeboten, letztlich nicht zufriedenzustellen. Er erreichte, daß bereits 1907 ein zweiter Seismograph beschafft und im Keller der Biologischen Anstalt aufgestellt wurde.

Die Verwaltung dieser ersten Helgoländer Erdbebenwarte oblag der Biologischen Anstalt, die wissenschaftliche Betreuung und Auswertung der Registrierungen besorgte das Geophysikalische Institut der Universität Göttingen. Als Konsequenz wurde mit Ablauf des Jahres 1909 der Stationsbetrieb im Leuchtfeuergehöft eingestellt. Ab 1914 war die Helgoländer Erdbebenwarte wegen der Evakuierung der

Helgolander, den 29. Nov. 04

Au

dem Helg. Geophysikalische Institut
Göttingen

Herrn Prof. Dr. H. Wiechert, Direktor
der Biologischen Anstalt in Göttingen
mein Herr, ich habe die Tabellen für den
Seismographen Apparat zur Verfügung
gestellt. Ich ist der Apparat bei mir, so bitte
ich die weitere Zuspätschickung an mich zu richten.
Trotzdem bitte ich Sie, mir über die
Tabelle der Tabellen gewisse Aufschlüsse
zu geben. Der Apparat ist seitdem der
Wasserbauamt in Tönning gegeben
worden und dient zurzeit nur lokalen
Zwecken, d. h. nach Aufstellung für die
Tabelle der vorliegenden Aufzeichnungen. Bitte
also die Apparat in den Dienst der dortigen
Anstalt stellen, so wäre das mir
gründlich

Ich wäre sehr dankbar, wenn Sie mir
sagen, wie ich die Tabelle zu
überprüfen kann. Ich habe die
Tabelle der Tabellen zur Verfügung
gestellt. Ich ist der Apparat bei mir,
so bitte ich die weitere Zuspätschickung
an mich zu richten. Trotzdem bitte ich
Sie, mir über die Tabelle der Tabellen
gewisse Aufschlüsse zu geben. Der
Apparat ist seitdem der Wasserbauamt
in Tönning gegeben worden und dient
zurzeit nur lokalen Zwecken, d. h. nach
Aufstellung für die Tabelle der vorliegenden
Aufzeichnungen. Bitte also die Apparat
in den Dienst der dortigen Anstalt
stellen, so wäre das mir gründlich

Mit aller
Respekt
A. vom Brocke

Abb. 2: Antwortschreiben auf eine Anfrage bezüglich seismologischer Aufzeichnungen aus Helgoland vom Jahre 1904

Insel für die Dauer des 1. Weltkriegs nicht in Tätigkeit, doch bereits 1919 wurde in den Räumen eines leerstehenden Scheinwerferstands auf dem Helgoländer Oberland am Falm eine neue Erdbebenwarte eingerichtet. Ein Wiechert-Horizontalpendel (1000 kg) wurde aufgestellt und damit Helgoland zu einer Station I. Ordnung erhoben. Diese Station nahm im Sommer 1925 - wieder unter der Leitung der Biologischen Anstalt - ihren Betrieb auf.

Nachdem Wiechert am 19. März 1928 verstorben war und sein Nachfolger kein Interesse an der Helgoländer Station bekundete, brächen die Beziehungen zur Göttinger Universität ab. In den folgenden Jahren fiel die Bedeutung der Inselstation rapide zurück.

Erst Mitte der dreißiger Jahre gelang den Helgoländer Biologen ein erneuter Kontakt zur Geophysik. Die seismologische Betreuung der Station wurde nunmehr dem Physikalischen Staatsinstitut der Universität Hamburg, Prof. E. Tams, übertragen. Durch Geheimbefehl der Reichsregierung wurde die Insel Helgoland im Jahr 1936 zur Festung erklärt. Die Marine drang auf Rückgabe der Scheinwerferstände am Falm, und die Erdbebenwarte mußte wiederum verlegt werden. Es wurde beschlossen, ein eigenes Stationsgebäude im Garten der Vogelwarte zu errichten. Planung, Bau und Einrichtung dieser Station kamen in Zusammenarbeit mit dem Hamburger Institut zügig voran, so daß hier der seismologische Betrieb im Jahr 1939 wieder aufgenommen werden konnte. Die Station registrierte bis 1942 ohne nennenswerte Unterbrechungen, bis sie gegen Ende des Zweiten Weltkriegs durch Bomben zerstört wurde. Die Registrierungen wurden wahrscheinlich auf Helgoland gelagert und durch Kriegseinwirkungen 1945 vernichtet.

Von 1945 bis 1952 war Helgoland Sperrgebiet und diente der Royal Air Force bei militärischen Übungen als Bombenziel. Die noch vorhandenen nicht zivilen Bunker und Anlagen wurden am 18. April 1947 durch eine Großsprengung vernichtet. Im März 1952 wurde die Insel von den Besatzungsmächten freigegeben. Der Wiederaufbau be-

gann. Alle ehemals vorhandenen Einrichtungen - also auch eine Erdbebenwarte - sollten wieder errichtet werden. Inzwischen war Helgoland jedoch verwaltungsmäßig dem Bundesland Schleswig-Holstein zugeordnet worden. Daher wandte man sich wegen des geplanten Neubaus an die Christian-Albrechts-Universität in Kiel. Dort wurde im Oktober 1956 K. Jung auf den Lehrstuhl für Geophysik berufen. Folglich oblag ihm die Konzipierung der Baumaßnahmen und der Gerätebeschaffung. Die Finanzierung übernahm die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen eines Großgeräteantrags. Mit Unterstützung durch Prof. Strobach (damals in Hamburg), konnte K. Jung eine Nahbebenstation mit Seismographen des Typs "Stuttgart" (nach Hiller) im Bereich der Helgoländer Schule einrichten und ab 1959 in Betrieb nehmen. Ausgestattet mit kurzperiodischen Aufnehmern und photographischen Registrierapparaten sollte diese Station seismische Ereignisse aus der Deutschen Bucht und aus dem Nordseeraum aufnehmen, die jedoch - wie die folgenden Jahre zeigten - selten auftreten. Als R. Meißner 1971 die Leitung des Kieler Instituts mit der Außenstelle Helgoland übernahm, wurde daher beschlossen, eine Teilmodernisierung der dortigen Geräteausrüstung vorzunehmen. Die photographische Registrierung wurde durch Trommelschreiber für thermoempfindliches Papier ersetzt. Die kurzperiodischen Aufnehmer wurden mit elektronischer, virtueller Verlängerung der Eigenperiode ausgestattet. Damit ist die Station in der Lage, Erdbeben aus allen Teilen der Erde aufzuzeichnen.

Weitere Modernisierungsschritte wie digitale Registrierung mit Ereignisdetektion, Anbindung per Datentelefon an das Seismologische Zentralobservatorium Gräfenberg u.a. sind in der Planungsphase. Wenn diese Arbeiten durchgeführt worden sind, wird sich die Helgoländer Erdbebenwarte zu ihrem hundertjährigen Bestehen im Jahre 2003 als leistungsfähige, wichtige Station "*am äußersten Norden des Reiches*" (Zitat Wiechert 18. April 1902) präsentieren können.

Kiel, den 10. Jan. 1996

Zur Geschichte des Instituts für Geophysik der TU Bergakademie Freiberg

Christian Oelsner

Geophysikalische Aktivitäten vor der Gründung des Instituts für Angewandte Geophysik

Die am 21. Nov. 1765 gegründete Bergakademie Freiberg war entsprechend ihrer Gründungsakte zunächst nur auf das Montan- und Hüttenwesen ausgerichtet. Jedoch wurde von Anfang an sehr großer Wert auf eine breite physikalisch-mathematische Grundausbildung gelegt. Der Umfang von Mathematik/Physik für Studenten des Montanwesens betrug um 1800 etwa 20% der Gesamtstunden. Da insbesondere auch die Physik von kompetenten Fachvertretern der damaligen Zeit gelehrt wurde, lag es nahe, daß diese sich mit physikalischen Problemen des Montanwesens befaßten. An erster Stelle ist hier der Physiker Ferdinand Reich zu nennen. Er wurde 1827 an die Bergakademie berufen. Recht bald begann er mit der Untersuchung verschiedener physikalischer Felder unter Tage. Besonders zu nennen sind seine geothermischen Untersuchungen, die er von 1830 bis 1832 in verschiedenen erzgebirgischen Gruben durchführte, um die für den Bergbau wichtige Frage des Betrags des vertikalen geothermischen Gradienten zu klären. Er führte weiterhin geomagnetische und geoelektrische (Eigenpotential) Untersuchungen zur Unterstützung der Lagerstätten erkundung durch. Außer diesen Fragen, die wir heute der Angewandten Geophysik zuordnen, ging es F. Reich jedoch auch um die Bestimmung der mittleren Erddichte und um den Nachweis der Erdrotation. Dazu wurden von ihm im Dreibrüder-Schacht bei Freiberg Fallversuche durchgeführt. Die Untersuchungen von Reich wurden von seinem Schüler und späterem Nachfolger im Amt Ch. Ehrhardt weitergeführt.

Die Herausbildung der Geophysik wurde in Freiberg jedoch nicht nur von seiten der Physik betrieben. Wesentliche Beiträge kamen am Ende des 19. Jahrhunderts aus dem Institut für Markscheidewesen. Magnetische Verfahren zur Erzlagerstättenprospektion wurden von P. Uhlich durchgeführt, der 1890 auf den Lehrstuhl für Geodäsie und Markscheidkunde berufen wurde. Er entwickelte und veranlaßte den Bau entsprechender Geräte bei der Freiburger Firma Hildebrandt. Er hielt für die Studenten des Montanwesens bereits eine Vorlesung "Grundlage der magnetischen Aufschlußverfahren" und hielt dazu Übungen ab. Seine Bemühungen, aus dem Markscheidewesen einen Teilbereich "Technische Geophysik" zu entwickeln, hatten keinen Erfolg. Jedoch kam für ein geophysikalisches Großprojekt im Lande Sachsen am Anfang des 20. Jahrhunderts wieder wesentliche Unterstützung von den Freiburger Markscheidern: Für die 1907 von O. Göllnitz realisierte magnetische Landesvermessung Sachsens wurde vom Markscheideinstitut unter dem Direktorat von O. Wilski Meßtechnik bereitgestellt. An diesem Institut wurden schon seit der Gründung regelmäßig Deklinationsmessungen ausgeführt.

Für das gute 'Geophysikklima' in Freiberg bereits zu dieser Zeit spricht auch die 1902/03 gegebene Anregung von R. Beck, Professor für Geologie und Lagerstättenkunde, auf

der 11. Gezeugstrecke, 530 m unter Tage, eine seismische Station einzurichten. In dem mit der Bitte um Zustimmung vom Rektor an das sächsische Finanzministerium eingereichten Antrag heißt es, *"daß die Errichtung der ersten unterirdischen seismologischen Station gerade in Freiberg nicht entgehen möchte, wo in früherer Zeit infolge der Arbeiten von Reich und anderen ein Hauptsitz für geophysikalische Untersuchungen gewesen ist. Auch wird das Studium der Erdbebenkunde als eines Teilgebietes der Geologie durch Aufstellung eines Seismometers in Freiberg für die Bergakademie erneute Anregung erhalten. Endlich haben die sächsischen Grubendirektionen ein hohes Interesse daran, daß sich in der Mitte zwischen den Steinkohlengebieten des Plauenschen Grundes und von Lugau-Oelsnitz eine unterirdische seismologische Station befindet. Wird es doch dadurch ermöglicht werden, rein seismische von durch den Bergbau veranlaßten Erdschütterungen zu unterscheiden"*.

Aus finanziellen Gründen wurde der Antrag seinerzeit nicht realisiert, und es mußten 54 Jahre vergehen, bis in Berggießhübel 1957 eine seismologische Station eingerichtet wurde. Diese Station wird heute wieder vom Institut für Geophysik der TU Bergakademie Freiberg betrieben. Sie ist eine von 12 Breitband-Stationen des Deutschen Regionalen Seismologischen Netzes. In den Jahren 1905 bis 1910 wurden auf Anregung von F.R. Helmert (einem gebürtigen Freiburger) durch die Potsdamer Geodäten O. Hecker und W. Schweydar auf der 2. Gezeugstrecke der Reichen Zeche in 189 m Tiefe Horizontalpendelbeobachtungen zur Messung erdzeitenbedingter Lotschwankungen und Deformationen durchgeführt. Für die Entwicklung der Geophysik in Freiberg war die Gründung des Radiuminstitutes 1914 ein wesentliches Faktum. Das Institut hatte die Lehre und Forschung zum Komplex "Radium" zur Aufgabe. Die Gründung wurde betrieben von Prof. C. Schiffner, der 1908 die Radiumquellen in Oberschlema und Brambach entdeckte.

Geophysikalische Vorlesungen wurden in den 20er Jahren an der Bergakademie vom Radiuminstitut (F.L.R. Kohlrausch, P. Ludewig und H. Witte) getragen. Bereits 1930 wurde die Gründung eines Institutes für Angewandte Geophysik erwogen. Das Vorhaben scheiterte jedoch an den Auswirkungen der damaligen Weltwirtschaftskrise. Dennoch erscheint bereits im Vorlesungsverzeichnis 1931/32 "Angewandte Geophysik N.N." und "wird noch festgelegt". Am 1. Jan. 1935 wurde am Radiuminstitut eine Abteilung für Geophysik eingerichtet und am 6. Feb. 1935 Dr. E. Lorenser als Assistent mit Lehrauftrag eingestellt. Für Bergleute, Markscheider und Geologen las er zunächst die Geophysik mit einer Stunde Vorlesung und einer Stunde Übung, später wurde der Umfang der Vorlesung auf zwei Stunden erweitert. Bereits im Vorlesungsverzeichnis 1938 /39 ist sein Name jedoch nicht mehr enthalten und die Geophysik bleibt zunächst unbesetzt.

Der Abschnitt von 1940 bis 1945

Vom 1. Okt. 1940 ab wird "mit Zustimmung des Herrn Reichserziehungsministers ... an der Bergakademie Freiberg ... ein 'Institut für Angewandte Geophysik' errichtet. Zum Direktor dieses Instituts ist der a.o. Professor der angewandten Geophysik Dr. Meißer ernannt worden" (s. Abb. 1). Am 1. Nov. 1941 folgt ein Erlaß, nach dem ab 1943 die Verleihung des akademischen Grades "Diplom-Geophysiker" möglich ist. Gefordert wird darin auch ein mehrwöchiges Pflichtpraktikum als Voraussetzung der Zulassung zur Diplomprüfung. Der Umfang der Geophysikausbildung nach der Institutsgründung 1941/42 war mit 14 Semesterwochenstunden zunächst recht gering, nahm 1943/44 aber mit 46 Semesterwochenstunden sehr stark zu. Zu diesem Zeitpunkt mußte die Ausbildung überwiegend vom Assistenten Dr. Schmücking getragen werden, da O. Meißer zur Wehrmacht eingezogen wurde. Die Forschungsarbeiten in dieser Zeit galten vor allem der Anwendung der Geophysik im Bergbau (Gebirgsdruck), jedoch auch der Ingenieurgeophysik (Erschütterungsmessungen). Die notwendigen Meßgeräte wurden z.T. in eigener Werkstatt (3 Mechaniker bei Institutsbesetzung 1 Prof. (im Felde), 1 Assistent, 1/2 Sekretärin) entwickelt und gebaut. Die Geräteausstattung am Kriegsende bestand aus Magnetometern, Schmidt-Feldwaage, Pendelapparaturen, verschiedenen Erschütterungsmessern und Registriergeräten sowie Vermessungsgeräten. Ein Großteil dieser Geräte wurde im Rahmen von Reparationsleistungen eingezogen und an das

Institut für Geophysik der Bergbauhochschule Leningrad (heute St. Petersburg) gebracht.

Der Abschnitt von 1946 bis 1989

Von der Wiederöffnung der Bergakademie bis zur 3. Hochschulreform (1968)

Die Bergakademie öffnete im Februar 1946 wieder ihre Pforten. In die neu gegründete Fakultät für Naturwissenschaften und Ergänzungsfächer ging das Institut für Angewandte Geophysik ein. Der Lehrstuhl für Angewandte Geophysik war vakant, da O. Meißer an der Bergakademie zunächst nicht tätig sein durfte. Nachdem 1946 Berufungsverhandlungen mit K. Jung negativ blieben, wurde der Lehrstuhl erst 1950 durch die Berufung von Dr. Wolfgang Buchheim besetzt. Buchheim hatte seit 1946 das Institut wieder aufgebaut. Ab 1948, nach seiner Habilitation und Berufung zum Dozenten, wurde ihm die Leitung des Institutes zunächst kommissarisch übertragen, die vorher in den Händen der Professoren F. Schumacher (Geologie), G. Regler (Physik) und F. Grüss (Mathematik und Mechanik) lag. 1950 wurde Buchheim nach Berufung zum Professor mit vollem Lehrauftrag die Leitung des Institutes übertragen. Die Bindung der Bergakademie an das Ministerium für Schwerindustrie in den Jahren nach 1949 brachte eine starke Förderung auch der geowissenschaftlichen Ausbildung mit sich. So wurde im November 1951 O. Meißer (Abb. 2) wieder an die Bergakademie berufen. Neu einge-

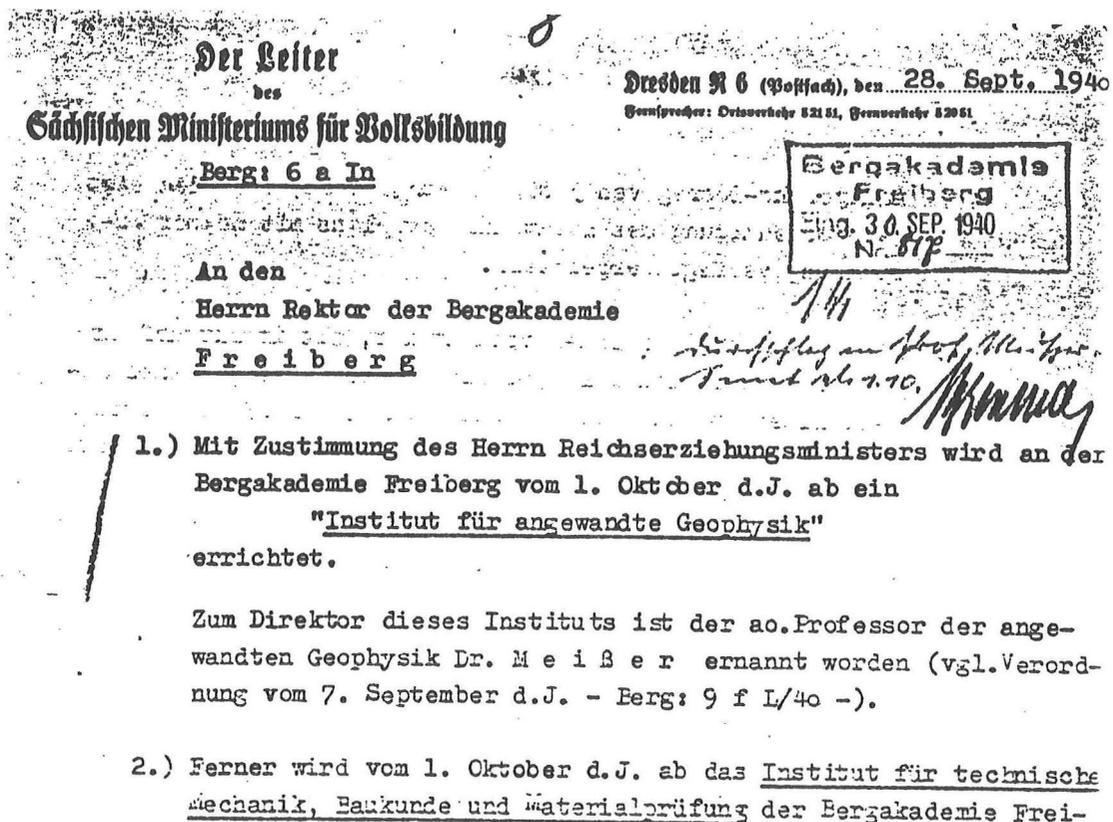


Abb. 1: Gründungsbrief des Instituts für Angewandte Geophysik an der Bergakademie Freiberg



Abb. 2: Porträt von O. Meißer

richtet wurde ein Lehrstuhl und ein Institut für Theoretische Physik und Geophysik, auf den Prof. Dr. W. Buchheim berufen wurde. O. Meißer besetzte wieder den Lehrstuhl für Angewandte Geophysik und die Leitung des entsprechenden Institutes. Der Aufbau des Institutes, das sei-

nen Sitz in einem Gebäude in der Nonnengasse hatte (Abb. 3), ging sehr zügig voran.

Die Mitarbeiterzahl stieg von 14 (1952) schnell auf 35 (1954) an und erreichte Mitte der 60er Jahre mit etwa 50 ein Maximum, das bis zur sog. Hochschulreform 1968 beibehalten wurde. Die Anzahl der Studierenden im Hauptfach stieg von 3 (1950) rasch auf 50 (1954) und betrug etwa ab 1960 bis etwa 1975 100 bis 110. Im gleichen Maße stiegen die Zahlen der Nebenfächler von 100 auf knapp 300.

Der Überzeugungskraft von O. Meißer, den relativ großen Studentenzahlen, der Akzeptanz der Geophysik in verschiedenen Ebenen der Administration der damaligen Zeit sowie den erzielten Resultaten in der Forschung ist es wohl vor allem auch zu verdanken, daß 1961 der Grundstein für den Neubau der geophysikalischen Institute gelegt wurde (Abb. 4). Im Sommer 1964 konnten beide Institute den Neubau an der Gustav-Zeuner-Straße beziehen.

Die in dieser Zeit an beiden Instituten erzielten Forschungsergebnisse fanden zu einem großen Grade nationale und internationale Anerkennung. Genannt werden sollen hier nur die Beiträge zur Theorie und Praxis der Induzierten Polarisation (W. Buchheim), die Beiträge zur Schachtgravimetrie (H. Rische), Entwicklung der Tellurik und Magnetotellurik (G. Porstendorfer), Entwicklung der Ingenieurgeophysik (H. Militzer), erste tiefenseismische Arbeiten in der damaligen DDR im Rahmen eines osteuropäischen Programms (Ch. Knothe). Mit einem Großteil der Projekte waren umfangreiche Arbeiten zur Geräteentwicklung und dem Gerätebau verbunden.

Am 1. Feb. 1966 ging die Leitung des Institutes für Angewandte Geophysik über auf Prof. Dr. Heinz Militzer, der 1953 einer von den drei ersten Diplomanden Meißers war. Die bisherigen Arbeitsrichtungen des Institutes wurden beibehalten, die Projekte für den Fünfjahrplan 1966 - 1970 waren noch unter Meißers Leitung eingereicht worden. Die

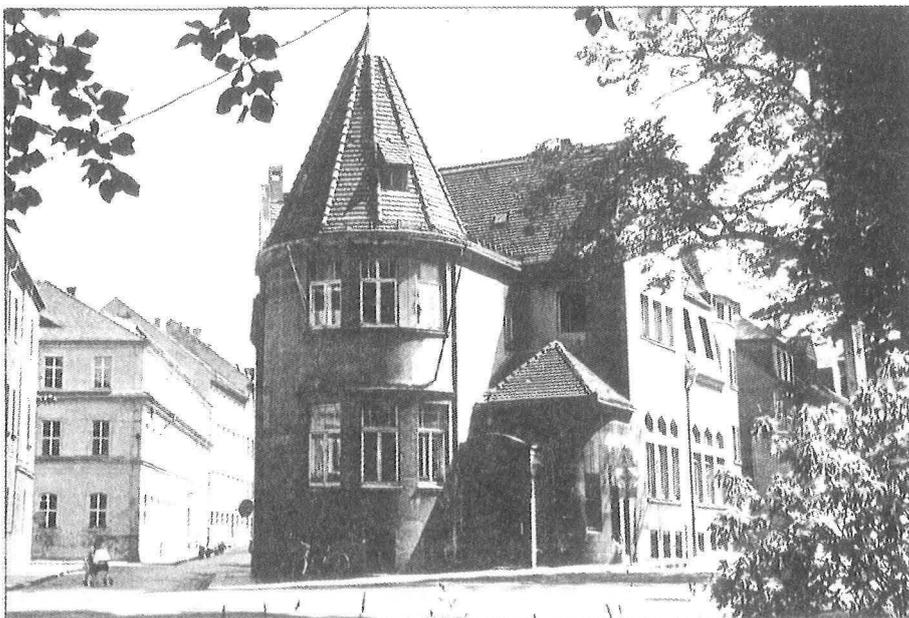


Abb. 3: Ehemaliges Gebäude des Instituts für Angewandte Geophysik in der Nonnengasse



Abb. 4: Grundsteinlegung für das neue Institutsgebäude

jeweils in mehrere Teilprojekte gesplitteten Themen waren:

Ingenieurgeophysik, mit

- Kennwertbestimmung in situ,
- Akustiklog,
- Selbstregistrierende Schlauchwaage,
- Verformungskennwerte,
- Seismoakustik bei Großscherversuchen,
- Standsicherheit,
- Drahtextensiometer.

Komplexgeophysikalische Tiefenerkundung, mit

- Tiefenseismik und Mikroseismik,
- Wärmeleitfähigkeitsmessungen,
- Magnetotellurik,
- Datenverarbeitung,
- Tiefbohrlochseismometer.

Nachweis höffiger Horizonte, mit

- Tellurik/Magnetotellurik Sansibar.

Modellgeophysik

Arbeiten für das Upper Mantle Project (UMP), mit

- Tiefenseismik auf Profil STS VI,
- Komplexbearbeitung UMP.

Längswiderstände für Magnetotellurik

Insgesamt standen zur Bearbeitung dieser sieben Themen 9,8 Mill. Mark für den Zeitraum von fünf Jahren zur Verfügung, wobei etwa 50% (4,7 Mill. Mark) auf die Tiefenseismik entfielen. Dennoch verblieben für die anderen Themen etwa 1 Mill. Mark/Jahr. Diese Zahlen zeigen, daß die Akzeptanz der Geophysik insgesamt und des Freiburger Institutes im speziellen hervorragend waren. In dieser Zeit waren am Institut tätig: 3 Professoren, 15 Oberassistenten, Assistenten, wiss. Mitarbeiter (Forschung) und 20 techn. Kräfte. Die durchschnittliche Gesamtzahl der Geophysikstudenten betrug 80.

Aus der Reihe der Forschungsarbeiten soll an dieser Stelle nur etwas spezieller die Tiefenseismik mit ihren Hintergründen herausgegriffen werden. In der Zeit der Vorbereitung und Durchführung des UMP-Projektes wurde durch

die Akademien der Wissenschaften der RGW-(COMECON)Länder, natürlich auf Initiative der Akademie der Wissenschaften der damaligen UdSSR, die sog. KAPG - die Kommission der Akademien der Wissenschaften (der sozialistischen Länder) zur Bearbeitung von Problemen der Planetaren Geophysik - initiiert. In der KAPG gab es Unterkommissionen und Arbeitsgruppen, die jeweils die zu bearbeitenden Projekte abstimmten. Im nationalen Rahmen waren das ganz wesentliche Grundlagen, für die entsprechende Detailprojekte Mittel beantragen zu können. Da die internationale Zusammenarbeit ("unter der Führung der Sowjetunion") auch einen politisch hohen Stellenwert besaß, wurden diese Projekte von der staatlichen Plankommission überwiegend im beantragten Umfang bestätigt. Innerhalb der Unterkommission 1 - Physik der festen Erde - spielte die Arbeitsgruppe 1.1 - Tiefenseismik - eine wichtige Rolle. Unter der Leitung von Prof. V.B. Sollogub, Kiew, wurde ein umfassendes Programm zur Krustenuntersuchung verwirklicht. Kernstück war ein System von regionalen tiefenseismischen Refraktionsprofilen, die in den 60er und 70er Jahren realisiert wurden. Das sog. Profil VI lief vom Harz über das Thüringer Becken in das Erzgebirge. Bei Johanngeorgenstadt erfolgten Anschlußmessungen in die damalige CSSR. Das Profil VI durchquerte die CSSR und Teile von Ungarn.

Durch die KAPG konnte das Freiburger Institut an der internationalen Zusammenarbeit der 'Ostländer' teilnehmen. Obwohl die sog. "nationalen Koordinatoren", sie entsprachen etwa den Nationalreportern der IUGG, überwiegend beim Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) angesiedelt waren, stellte das Freiburger Institut die für Magnetotellurik (Porstendorfer) und Geothermik (Oelsner).

Die tiefenseismischen Arbeiten für den DDR-Teil des Profils VI lagen in der Hand unseres Institutes und wurden von den Feldarbeiten bis zur Interpretation von Dr. Knothe geleitet. Die Feldarbeiten wurden vom damaligen VEB Geophysik ausgeführt (Schußpunktabstand 120 km). Diese Messungen waren neuartig für Deutschland insgesamt, da

tiefenseismische Arbeiten in Westdeutschland sich damals nur auf die Registrierung von Steinbruchsprengungen stützten.

Von der 3. Hochschulreform bis zum Ende der DDR

Die 'goldenen 60er Jahre' endeten mit der 3. Hochschulreform. Für die Universitäten bedeutete sie u.a. die Auflösung der Institute und Gründung von größeren Strukturen, die Sektionen genannt wurden. Die Unterstrukturen der Sektion Geowissenschaften der Bergakademie, zu der die Institute für Angewandte Geophysik, Geologie sowie Mineralogie und Lagerstättenlehre zusammengeschlossen wurden, waren zunächst sog. Arbeitsgruppen. In den ersten Jahren ihres Bestehens (bis April 1971) wurden diese 'Arbeitsgruppen' von Hochschullehrern geleitet (AG Angewandte Geophysik - Doz. Dr. Jürgen Schön). Dann wurden profilierte Mitarbeiter damit beauftragt, wobei die wissenschaftliche Profilierung eine untergeordnete Rolle spielte. So wurde der parteilose Dr. Christian Knothe zwar im April 1971 zum kommissarischen Leiter bestellt, jedoch zum Leiter im Sommer 1971 Dr. Ortwin Pösche (Mitglied der SED), nach seiner Promotion, berufen. Da sich die gutgemeinte Entlastung der Hochschullehrer von der Administration nicht bewährte, wurden 1974 wieder institutsähnliche Strukturen - Wissenschaftsbereiche - geschaffen, die von Hochschullehrern geleitet wurden. Leiter des Wissenschaftsbereiches Angewandte Geophysik von 1974 bis 1977 war Doz. Dr. Rolf Rösler (seine Berufung zum Professor erfolgte 1978). Nach Beendigung seiner langjährigen Funktion als Sektionsdirektor 1978 übernahm Prof. Dr. Heinz Militzer die Leitung des Wissenschaftsbereiches Geophysik bis zu seiner Emeritierung am 31. Aug. 1987. Von den zu diesem Zeitpunkt am Institut tätigen Professoren Rösler, Porstendorfer und Schön wurde entsprechend der Parteizugehörigkeit Prof. Dr. Schön (SED) vom Rektor zum Leiter des WB Angewandte Geophysik berufen. Im März 1990 trat er von diesem Amt zurück.

Auch im Studienablauf wurde als Folge der 3. Hochschulreform experimentiert. Die große Nachfrage der Industrie nach Hochschulabsolventen sollte durch die Verkürzung des Studiums befriedigt werden. Generell wurden die Zulassungszahlen auf Grund des geplanten Industriebedarfs festgelegt. Nach der ebenfalls im Zuge dieser "Hochschulreform" erfolgten Schließung der Geophysikausbildung in Leipzig, konnte auch die Nachfrage nach Geophysikabsolventen nicht erfüllt werden. Einen Ausweg sollte ein veränderter Studienplan bringen, nach dem das Studium auf 4 Jahre verkürzt wurde. Dieser Studienplan wurde 1971 eingeführt. Recht schnell konnten jedoch der Administration die Mängel des verkürzten Studiums nachgewiesen werden, weshalb bereits 1977 wieder zum 5-Jahres-Studium zurückgekehrt wurde.

Die Immatrikulationszahlen lagen bis 1989 bei etwa 15 je Jahr. Sie entsprachen den Bedarfsmeldungen der Industrie.

Die Forschungsschwerpunkte und die Forschungsaktivitäten in den Jahren nach der 3. Hochschulreform konnten dank der Akzeptanz, die der Geophysik nach wie vor sowohl in den jeweiligen Industriezweigen (Bergbau, Erdöl-Erdgas) als auch im Bereich der staatlichen Institutionen

bewahrt blieb und des ausgezeichneten fachlichen Rufes des Wissenschaftsbereiches Angewandte Geophysik, mehr oder weniger beibehalten werden. Lediglich die vom Institutsgründer Meißer bereits betriebene Betonung der angewandten Forschung wurde jetzt auch von administrativer Seite verstärkt. Dennoch konnten auch Komplexe wie Magnetotellurik, Tiefenseismik und Geothermie, für die selbstverständlich seitens der o.g. Industriezweige kein Interesse vorlag, als "Industrieforschung" weitergeführt werden. Auftraggeber für derartige Projekte war das Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam, das die entsprechenden Mittel in seinem Etat bewilligt bekam. Eine Auflistung der Forschungsthemen aus dem Jahr 1985 zeigt, daß die für Freiberg charakteristischen Schwerpunkte *Ingenieurgeophysik, Bergbaugeophysik und Tiefenerkundung* auch in dieser Periode weiter betrieben wurden. Forschungsthemen waren:

Geophysik in der Braunkohle, insbesondere

- Setzungsfließen,
- Gesteinsradar,
- Kennwerte aus Bohrlochmessungen,
- Radonmethode (Untersuchung von Rutschungen),

Geophysik im Kali, insbesondere

- Elektromagnetische Strukturerkundung,
- Beiträge zur Bergbausicherheit,

Mitarbeit bei ZENTROSEIS (Tiefenseismische Untersuchungen in der ehemaligen DDR), insbesondere

- Modellierung Magnetotellurik,
- Modellierung Geothermie,

Großversuch Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR).

Auf Ergebnisse dieser Arbeiten kann hier nicht eingegangen werden. Erwähnt seien nur drei völlig unterschiedliche Gegebenheiten, die dem Autor nennenswert erscheinen:

Zum Stellenwert der Geophysik

Im Rahmen von Untersuchungen zur Bergbausicherheit wurden mit der Zentralmarkscheiderei des Bergbau- und Hüttenkombinates "Albert Funk" (Markscheider Dipl. Ing. J. Neuber) zahlreiche Untersuchungen zur Hohlraumerkundung unter Tage mittels Infrarot-Oberflächentemperaturmessungen durchgeführt. Diese führten zu dem Ergebnis, daß im Berggesetz der DDR die Hohlraumerkundung unter Tage durch Einsatz der Geophysik akzeptiert wurde.

Zum Mangel moderner Gerätetechnik

Wegen fehlender Devisen und z.T. wegen Embargobestimmungen war der Bestand an kommerziellen modernen geophysikalischen Meßgeräten gegenüber heute fast zu vernachlässigen, weshalb der eigene Gerätebau stets einen Schwerpunkt bildete. In diesem Zusammenhang gewinnt das o.g. Stichwort "Gesteinsradar" eine besondere Bedeutung. Die Erkundung von Gesteinsblöcken spielt schon seit langem für den störungsfreien Abbau des Deckgebirges der Braunkohle eine wichtige Rolle. Aus diesem Grunde erhielt die Braunkohlenindustrie auf Wegen, die heute bekannt sind, Anfang der 80er Jahre ein Georadar. Die entsprechenden Arbeiten zur Erprobung und Einführung der Meßmethode liefen z.T. unter Leitung des damaligen WB Angewandte Geophysik. Offensichtlich wegen der Art der Beschaffung war der Umgang mit dem Gerät, das offiziell

"Untergrund-Erkennungsgerät" (UEG) hieß, streng geheim. (Der Autor gehörte nicht zu der entsprechenden Arbeitsgruppe und konnte sich ein "UEG" erstmals 1991 zur EAEG-Tagung gegenständlich betrachten.)

Zur Förderung von Schwerpunkten

Wenn es gelang, die volkswirtschaftliche Bedeutung von Forschungsthemen nachzuweisen, wurden z.T. erhebliche Mittel kurzfristig bereitgestellt. Da das Energieproblem stets einen Schwerpunkt bildete, spielten in der DDR die Fragen der Gewinnung und Nutzung geothermischer Energie, die auch Forschungsgegenstand des Instituts waren, eine große Rolle. Zur Nutzung geothermischer Energie nach dem HDR-Verfahren wurde in Freiberg durch Kooperation der Bereiche Tiefbohrtechnik und Geophysik eine entsprechende Studie ausgearbeitet (H. Kohlstock, V. Köckritz, Ch. Oelsner), in deren Gefolge es zu einem Großfrac in 3000 m Teufe auf der Erdgaslagerstätte Salzwedel in zwei zunächst trockenen Bohrungen kam. Die beginnende Entwicklung eines Verbindungsrisses zwischen den zwei Bohrungen konnte seismoakustisch nachgewiesen werden. Obwohl bereits hydraulisch Interferenz nachgewiesen wurde, mußte der Versuch wegen erheblicher Stimulation von Erdgasaustritten gestoppt werden. Das Projekt war zwar nicht im Fünfjahrplan enthalten, dennoch wurden etwa 15 Mill. Mark bereitgestellt.

Die 'Wende- und Nachwendezeit'

Mit der politischen Wende Ende 1989 sind natürlich auch für das Institut zahlreiche Veränderungen einhergegangen. Besonders hervorzuheben ist, daß sehr schnell die Integration in die Gemeinschaft der Geophysiker Deutschlands erfolgte. So wurde die Beteiligung an einem Magnetotellurik-Projekt der Freien Universität Berlin (Prof. Giese, Dr. G. Schwarz) angeboten. Im sog. 'Huckepack'-Verfahren wurden die Hürden der Bewilligung durch die DFG von uns gut genommen.

Im März 1990 gab Prof. Dr. J. Schön die Leitung des WB Angewandte Geophysik an den Oberassistenten Doz. Dr. Ch. Oelsner ab. Bedauerlicherweise wurde am 1. Juni 1990 Prof. Dr. G. Porstendorfer aus gesundheitlichen Gründen vorzeitig emeritiert und Prof. Dr. Rolf Rösler im Herbst 1990 von einer heimtückischen Krankheit heimgesucht, an der er am 17. Juli 1991 verstarb. Damit mußte schon ab dem Wintersemester 1990/91 ein Großteil der Lehre von der 'zweiten Reihe', den Oberassistenten B. Forkmann und H. Lindner sowie dem Autor getragen werden. Per 31. Juli 1991 schied dann auf eigenen Wunsch J. Schön noch aus dem Institut für Geophysik aus. Im Zuge der Umbildung der Sektionen zu Fachbereichen waren wieder Institute gebildet worden: aus dem WB Angewandte Geophysik das Institut für Geophysik.

Im Wintersemester 1991 setzte sich der bereits 1990 begonnene Trend der höheren Semester zum 'go west' fort. Aus diesem Grunde nahmen die Absolventenzahlen ab 1992 stark ab.

Im Sommer 1992 wurden auch in der Geophysik die Berufungsverfahren für die 3 Professuren

Angewandte Geophysik I (Ingenieur- und Umweltgeophysik) / C4, *Angewandte Geophysik II* (Prospektionsgeophysik) / C3, *Petrophysik und geophys. Bohrlochmessungen* / C3

abgeschlossen. Berufen wurden Ch. Oelsner, B. Forkmann und H. Lindner, wobei z.T. der Sächsische Staatsminister für Wissenschaft und Kunst, Prof. H.-J. Meier, von seinem Vorrecht der Veränderung einer eingereichten Liste Gebrauch machte.

Erfreulicherweise hat sich die Zahl der Erstsemester (WS) seit 1994 auf etwa 10 bis 15 eingeepegelt. Die Ausbildung erfolgt heute nach einem Studienplan, der dem Rahmenstudienplan Geophysik entspricht. Er ist gegenüber dem bis 1991 gültigen durch stark gekürzte Semesterwochenstundenzahlen gekennzeichnet.

Da auch die Geräteausstattung des Institutes sich ständig verbessert, sind alle Voraussetzungen für eine moderne praxisgerechte Ausbildung gegeben. Der Meßgerätepark des Institutes für Geophysik umfaßt gegenwärtig u.a. 12-Kanal-Seismik-Apparatur (BISON), Georadar-Meßsystem, Gravimeter Autograph (Scintrex), Bohrlochmeßanlage / 500 m (Robertson), MARS-Apparaturen (4 Systeme), MT-Meßsystem der Fa. Metronix, MT-Meßsystem / Eigenbau, EM-Apparatur EM-34, EM-Apparatur EM-38, EM-Apparatur TEM-FAST (Zeitbereichs-EM), Gleichstromapparaturen verschiedener Typen inkl. IP, Cäsium- und Fluxgatemagnetometer. Das Institut ist vollständig vernetzt (UNIX-Netz auf Basis HP 9000).

Außer durch die drei Professoren, eine weitere Professur wurde nach Nichtbesetzung gestrichen, wird die Ausbildung von 4,5 Planstellen wissenschaftliche Mitarbeiter getragen. Davon ist die halbe Stelle am Seismologischen Observatorium Berggießhübel, das seit dem 1. Jan. 1994 wieder zum Institut gehört, angesiedelt.

Auf dem Gebiet der Forschung konnten ab 1991 selbständig Projekte bei den verschiedenen Förderinstitutionen eingereicht werden. Das wurde in hohem Maße genutzt, wenn auch die Genehmigungsquote nur etwa 30% betrug. Die realisierten Forschungsprojekte betrafen die Gebiete Tiefenerkundung/DEKORP (damals BMFT), Magnetotellurik (DFG), Ingenieur- und Umweltgeophysik mit den Untergliederungen Deponieuntergrund (BGR - BMFT), Deponien und Altlasten (DFG, BMFT, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst) sowie Archäogeophysik (VW-Stiftung, Deutsche Bundesstiftung Umwelt). Außer diesen Projekten der Grundlagenforschung wurden verschiedene kleinere Projekte der Applikationsforschung in der Region durchgeführt. Dabei handelt es sich überwiegend um Untersuchungen zur Deponie- und Altlastenproblematik inklusive des klassischen Problems der Hohlraumortung. Diese Untersuchungen dienen der Weiterentwicklung der jeweiligen Meßmethodik und Klärung der Grenzen ihrer Anwendbarkeit. Zur Anwendung kamen dabei Seismik, Georadar, Gravimetrie, Geoelektrik (DC und EM), Geothermie und Radiometrie. Insgesamt wurden seit 1991 1,2 Mill. DM Drittmittel eingeworben.

In Zukunft ist beabsichtigt, die internationale Kooperation auf dem Forschungssektor wieder zu verstärken. Das Insti-

tut ist an dem von der EU geförderten MED CAMPUS Projekt im Rahmen einer Kooperation mit den Universitäten Damaskus (Syrien) und Roskilde (Dänemark) beteiligt. Weitere Projekte innerhalb von BRITE EURAM und INCO COPERNICUS sind eingereicht (Mai 96). Einen Höhepunkt in der Institutsentwicklung stellte die Ausrichtung der 56. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 18. bis 23. März 1996 dar, womit nach mehr als 30 Jahren ein Wunsch des Institutsgründers O. Meißer in Erfüllung ging.

Literatur

MEISSER, O. (1965): Institut für Angewandte Geophysik. - Festschrift der Bergakademie Freiberg zur Zweihundertjahrfeier am 13. 11. 1965.

RÖSLER, R., PORSTENDORFER, G., OELSNER, Ch., BRIEDEN, H.-J. (1978): Die Verflechtung von Physik und Geophysik an der Bergakademie Freiberg. - Freiburger Forschungshefte D 115; 33-58; Leipzig (VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie).

PORSTENDORFER, G., OELSNER, Ch. (1993): Zur internationalen Ausstrahlung der Freiburger Geophysik nach dem 2. Weltkrieg. - Zeitschr. für Geol. Wissenschaften 21 (5/6): 693-702; Berlin.

Geschichte des Instituts für Geophysik der Freien Universität Berlin

Peter Röwer

Die Geschichte der Geophysik an der Freien Universität Berlin muß im Vergleich mit vielen anderen Institutionen dieser Fachrichtung in Deutschland relativ kurz ausfallen. Das liegt daran, daß die Freie Universität erst 1948 gegründet wurde, und auch da war die Geophysik nicht von Anfang an dabei.

Da aber die meisten Ereignisse dieser Art eine Vorgeschichte haben, sei zunächst ein kurzer historischer Rückblick gestattet.

Friedrich-Wilhelm- und Humboldt-Universität

Im Verlaufe der französischen Besetzung großer Teile Europas unter Kaiser Napoleon I wurde etwa die Hälfte aller deutschen Universitäten geschlossen oder erloschen für immer (z.B. Dillingen, Altdorf, Helmstedt, Rinteln und Paderborn). Gewissermaßen als Ausgleich für die preußischen Verluste wurde 1810 die erste Universität in Berlin gegründet und nach dem damaligen Preußenkönig Friedrich-Wilhelm III benannt. Initiator war der 1809 zum Leiter des preußischen Kultus- und Unterrichtswesens berufene Wilhelm von Humboldt (1767-1835). Er hatte ganz im Einklang mit der Reformbewegung für Geistesleben und Staatswesen, die besonders mit den Namen Stein und Hardenberg verbunden ist, auch ein umfassendes neues Bildungskonzept entwickelt. Dieses Konzept, nämlich die Einheit von Forschung und Lehre und Bildung zum Kern institutioneller Wissenschaftspflege zu machen, wurde beispielgebend für die meisten Gründungen danach bzw. für die Umgestaltung bestehender Universitäten und macht Berlin bald zur führenden preußischen Hochschule, als die bis dahin Königsberg galt. Der erste gewählte Rektor war der Philosoph Johann Gottlieb Fichte (1762-1814), der eine bemerkenswerte Antrittsrede hielt "über die einzig mögliche Störung der akademischen Freiheit". Ihm und vielen anderen bedeutenden Personen dieser Zeit, wie z.B. v. Savigny, Schleiermacher und Hegel (die auch alle einmal Rektor waren), ist es zu verdanken, daß die Humboldtischen Ideen in die Praxis umgesetzt werden konnten.

Die Friedrich-Wilhelm-Universität wurde nach dem Ende des 2. Weltkrieges 1945 geschlossen und am 29. Jan. 1946 im Sowjetischen Sektor des nunmehr geteilten Berlin wie-

dereröffnet. Der alte Name wurde allerdings nicht wieder verwendet, vielmehr mit dem neuen Namen "Humboldt-Universität" eine aus historischer Sicht sehr logische Bezeichnung gewählt.

Aber damit ist nicht nur dem Gründungsvater Wilhelm v. Humboldt ein Denkmal gesetzt worden, sondern, wie auch an den beiden Skulpturen vor dem Hauptgebäude Unter den Linden optisch deutlich erkennbar, ebenso seinem jüngeren Bruder Alexander v. Humboldt (1769-1859).

Die Geowissenschaften waren anfangs nur durch einen Lehrstuhl für Mineralogie vertreten. Das überrascht keineswegs, hatte doch bereits König Friedrich der Große 1770 verfügt, daß an den preußischen Universitäten nunmehr auch Mineralienkunde gelehrt werden solle. Folgerichtig wurde das seit langem bestehende "Königliche Mineralien-Cabinet" in die Universität überführt und bildete ab 1814 das Kernstück für die im Laufe der Jahre immer umfangreicher werdenden geologisch-paläontologischen Sammlungen. Der erste Ordinarius für Mineralogie war Christian Samuel Weiss (1780-1856). Er war zwar in erster Linie Mineraloge, vertrat aber bereits ab Wintersemester 1810/11 die - damals noch Geognosie genannte - Geologie in seinen Vorlesungen mit. Auf ihn geht die mathematische Formulierung der Kristallgeometrie zurück (Rationalitäts- und Zonengesetz), die auch in der modernen Paläomagnetik eine wichtige Rolle spielt (Weiss'sche Bezirke). Wie Weiss und der Geognost Leopold von Buch (1774-1853) war auch Alexander v. Humboldt ein Schüler des Freiburger Mineralogen Abraham Gottlob Werner (1749-1817), der als Hauptverfechter der *neptunistischen* Lehre gilt. Seine drei genannten Schüler waren dagegen Anhänger des *Plutonismus*, wobei v. Buch wegen seiner großen Autorität auch nachfolgende Geologengenerationen stark beeinflusste (GIESE & LIEDHOLZ 1980).

Für A. v. Humboldt jedenfalls war klar, daß viele an der Erdoberfläche sicht- und meßbare Phänomene mit Vorgängen im Erdinneren zusammenhängen müßten ("*Kräfte, welche das Innere eines Planeten auf seine Rinde ausübt*"). Schon als Student in Freiberg im Umgang mit dem Kompaß geschult, hat A. v. Humboldt auf seinen vielen Reisen z.T. umfangreiche magnetische Messungen durchgeführt.

Die erste Veröffentlichung über eine magnetische Anomalie, verursacht durch einen Serpentinittkörper in der Oberpfalz, erschien 1797. 1828 ließ er in Berlin ein eisenfreies Häuschen errichten, um durch stündliche und tägliche Wiederholungsmessungen (insgesamt über 6000 Ablesungen) am selben Ort auch Aussagen über zeitliche Schwankungen der magnetischen Deklination machen zu können. Besonders auf diesem Gebiet stand er in engem Gedankenaustausch mit Carl Friedrich Gauß (1777-1855) und Wilhelm Weber (1804-1891), die in Göttingen einen "Magnetischen Verein" gegründet hatten (nach GIESE & LIEDHOLZ 1980). Er hat zu fast allen Naturerscheinungen (besonders auch zu Vulkanismus und Erdbeben) Beobachtungen gemacht und darüber Aufzeichnungen hinterlassen und kann deshalb zu Recht als spiritus rector bei der Herausbildung vieler geowissenschaftlicher Disziplinen angesehen werden.

Seine Vorlesungen an der Berliner Universität in den Jahren 1827/28 eröffneten eine neue Blütezeit der Naturwissenschaften in Deutschland. Seine Reiseerlebnisse und Naturbeobachtungen hat A. v. Humboldt in einem riesigen literarischen Werk hinterlassen. Die 36bändige "Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent" - 1805 bis 1834 - gilt als die größte private Reisebeschreibung der Geschichte. Sein bekanntestes Werk ist der "Kosmos" (5 Bände und ein Ergänzungsband mit Karten und Graphiken, 1845-1862), dessen 5. Band erst nach seinem Tode erschien. Die Karten und Graphiken wurden 1851 von Heinrich Berghaus (1828 Mitbegründer der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin) in einem erweiterten zweibändigen "Physikalischen Atlas" veröffentlicht. Der Untertitel lautet: "Eine, unter der fördernden Anregung Alexanders von Humboldt verfasste Sammlung von 93 Karten". Der erste Band dieses Atlas (51 Karten) mit den 4 Abteilungen Meteorologie, Hydrologie, Geologie, Tellurischer Magnetismus und der vierte Band des "Kosmos", in dem die geophysikalischen Phänomene beschrieben werden, sind praktisch die ersten Lehrbücher für Geophysik, obwohl der Begriff Geophysik selbst nicht verwendet wird.

Bereits A. v. Humboldt hatte angeregt, zur Ergänzung, Ausweitung und Fortführung seiner Forschungsreisen ein deutsches Institut zum Studium des Weltalls, der Atmosphäre und der Bodenbeschaffenheit zu gründen. Zu Beginn des Kaiserreiches nach 1871 wurde diese Idee aufgegriffen, und die Preußische Akademie der Wissenschaften empfahl in einem Gutachten die Gründung von getrennten Instituten für Astrophysik und tellurische Physik. Aus den französischen Reparationszahlungen für den Krieg 1870/71 in Höhe von 5 Milliarden Goldfrancs standen dafür auch die nötigen finanziellen Mittel zur Verfügung. So entstanden auf dem Telegrafenberg bei Potsdam nacheinander ein Astrophysikalisches (1879), Magnetisches (1889), Geodätisches (1892) und Meteorologisches (1892) Observatorium, deren Direktoren zumeist auch Professoren an der Berliner Universität waren (z.B. Helmert seit 1887).

1889 gelang auf dem Telegrafenberg die weltweit erste Registrierung eines Fernbogens mit einem Rebeur-Paschwitz-Horizontalpendel.

Der letzte Geophysikprofessor der Friedrich-Wilhelm-Universität (1936-1945) und gleichzeitig Direktor der geophysikalischen Einrichtungen auf dem Telegrafenberg war Julius Bartels (1899-1964).

Bei der Wiedereröffnung als "Humboldt-Universität" 1946 wurde auch ein Institut für Meteorologie und Geophysik eingerichtet, dessen erster Direktor Hans Ertel (1904-1971) war. 1968, als sich die ganze Universitätsstruktur durch Auflösung der neun Fakultäten total veränderte, wurde das Institut in einen Bereich der Sektion Physik umgewandelt. Von den Geowissenschaften blieb nur die Sektion Geographie übrig.

Freie Universität

Eine grundlegende Veränderung der gesamten Berliner Hochschullandschaft hatte sich aber schon vorher ereignet.

Aus den einstigen Alliierten gegen das Dritte Reich waren Gegner geworden. Der eiserne Vorhang senkte sich über Europa, Deutschland und besonders über Berlin. Die Teilung des Landes machte rapide Fortschritte und auch vor der Wissenschaft nicht halt. So wird noch während der Berliner Blockade durch sowjetische Truppen aus einer Protestbewegung gegen die neuen Verhältnisse an der Humboldt-Universität im Dezember 1948 im amerikanischen Sektor eine "Freie Universität" gegründet mit einer in der deutschen Hochschulgeschichte einmaligen und völlig neuen Selbstverwaltungs- und Mitbestimmungsordnung. Für den Vorgang selbst, nämlich eine neue Universität durch Auszug aus einer alten zu gründen, gibt es übrigens ein historisches Analogon. Auf ähnliche Weise war im Jahre 1409 die Universität Leipzig entstanden, als deutsche Magister und Scholaren aus der Karls-Universität in Prag auszogen, weil es keinen Konsens mehr mit dem aufkommenden tschechischen Nationalismus unter Jan Hus gab, der damals Lehrer an der Karls-Universität war.

Die Freie Universität Berlin nahm im Wintersemester 1948/49 ihren Lehrbetrieb auf; wie gesagt, im amerikanischen Sektor im Ortsteil Dahlem des Bezirks Zehlendorf. An Räumlichkeiten standen zunächst nur einige mehr oder weniger beschädigte Institutsgebäude der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (1948 in Max-Planck-Gesellschaft umbenannt) zur Verfügung. Besonders mit Unterstützung der amerikanischen FORD-Foundation wurden in den folgenden Jahren auf diesem Campus etliche Neubauten für Institute und zentrale Bereiche (Bibliothek, Audimax, Mensa usw.) errichtet. Aber der Platz für die schnell expandierende Universität war eigentlich immer zu klein, zumal in diesem Stadtteil keine Hochhäuser gebaut werden dürfen. Das führte dazu, daß viele Institute und Verwaltungseinrichtungen in angemieteten oder gekauften Villen in Dahlem und Lichterfelde untergebracht wurden; ein Zustand, der bis heute anhält und von dem die Geowissenschaften bis in die jüngste Zeit besonders betroffen waren.

Zu den ersten Gründungen im naturwissenschaftlichen Bereich gehörten 1949 auch das "Geologisch-Paläontologische Institut" sowie das "Institut für Meteorologie

und Geophysik", das besonders der Initiative des Meteorologen R. Scherhag (1907-1970) zu verdanken ist.

Personal, Räumlichkeiten

Die Geophysik war allerdings nur durch eine außerplanmäßige Professur für Nebenfächler (K. Feußner) vertreten.

1963 wurde dann beschlossen, ein eigenes Ordinariat für Geophysik einzurichten, das im Wintersemester 1964/65 mit K. Strobach besetzt wurde. Strobach, der im 2. Weltkrieg als Vermessungsingenieur tätig war, hatte sich in Hamburg bei H. Menzel mit einer Arbeit über die mikro-seismische Bodenunruhe habilitiert. Er absolvierte zunächst ein vorher geplantes Forschungsjahr in den USA, so daß der normale Institutsbetrieb erst im Wintersemester 1965/66 begann.

1968 nahm Strobach einen Ruf nach Stuttgart an, und 1970 wurde P. Giese zu seinem Nachfolger auf dem Lehrstuhl für Geophysik ernannt; eine Position, die er noch heute innehat.

P. Giese hat in Berlin Geologie studiert und ging nach dem Diplom nach München, um dort bei H. Reich in Geophysik zu promovieren. Nach der Habilitation 1966 über Refraktionsseismik in den Alpen kam er 1967 als wissenschaftlicher Rat zurück an die Freie Universität Berlin. Diese Stelle (früher AH5, jetzt C3) wurde 1970 vakant und nach einer langen Prozedur erst 1973 mit A. Vogel besetzt. Vogel ist ein Schüler des Stuttgarter Seismologen W. Hiller und hat nach seiner Promotion über 10 Jahre an der Universität Uppsala/Schweden gearbeitet. 1985 wurde das sogenannte "Fiebiger"-Programm gestartet, womit dem Nachwuchsproblem durch vorzeitige Besetzung von in den 90er Jahren vakant werdenden Professuren entgegenge-wirkt werden sollte. Eine C3-Stelle entfiel auf die Geophysik und wurde 1987 mit H.-J. Götze besetzt. Götze ist ein Schüler von O. Rosenbach in Clausthal, wo er sich 1985 auf dem Gebiet der Gravimetrie auch habilitierte.

Nach dem Ausscheiden von A. Vogel Ende 1994 bekleidet H.-J. Götze jetzt dessen reguläre C3-Stelle (bei Wegfall der "Fiebiger-Stelle").

Nach der Gründung des GeoForschungsZentrums (GFZ) Potsdam konnten im Rahmen einer gemeinsamen Berufung von GFZ und FU-Berlin vier Wissenschaftler für Sonder-Professuren für den Fachbereich Geowissenschaften gewonnen werden. Zwei dieser Stellen sind der Fachrichtung Geologie zugeordnet und zwei der Geophysik. R. Kind (C3) vertritt das Gebiet der Seismologie und V. Haak (C4) ist für das Aufgabengebiet Geoelektrik und Magnetotellurik zuständig.

Eine weitere Besonderheit gibt es an der FU-Berlin seit 1970, als neue Stellen für Assistenzprofessoren, später Hochschulassistenten genannt, geschaffen wurden. Sie waren als Qualifikationsstellen für promovierte Wissenschaftler mit dem Ziel der Habilitation gedacht. Eine davon entfiel auf die Fachrichtung Geophysik und wurde nacheinander mit J. Meyer, V. Haak und G. Schwarz besetzt, eine zeitweilig vorhandene zweite Stelle mit G. Jentzsch. Der gegenwärtige Stelleninhaber ist H. Brasse. Insgesamt gibt es z.Z. 7 wissenschaftliche Mitarbeiter auf FU-

Planstellen (davon 2 Teilzeitstellen) und 10 auf Drittmittelstellen (davon 8 Teilzeitstellen).

Die erste Heimstatt der Geophysik waren angemietete Räume eines Privathauses in der Podbielskiallee 58. Es standen zwar nur etwa 150 Quadratmeter zur Verfügung, doch konnten Einrichtungen wie Werkstatt, Fotolabor, Hörsaal usw. der in unmittelbarer Nachbarschaft gelegenen Gebäude der Meteorologie mitgenutzt werden. Wir waren ja *ein* "Institut für Meteorologie und Geophysik".

Das änderte sich 1970, als die alten Fakultäten der Freien Universität in Fachbereiche und Zentralinstitute aufgeteilt wurden. Die Geophysik kam zum Fachbereich Geowissenschaften und wurde mit der theoretischen Meteorologie zu einem "Institut für geophysikalische Wissenschaften" vereinigt. Die allgemeine Meteorologie, die in Berlin auch den Wetterdienst betrieb, wurde eine zentrale Einrichtung. Da auch einige neue Mitarbeiterstellen geschaffen wurden, herrschte bald akuter Platzmangel.

1972 zog die Fachrichtung Geophysik dann in eine zunächst gemietete, später von der Stadt gekaufte Villa in der Rheinbabenallee 49 mit ca. 500 Quadratmeter Nutzfläche. Der Abschied von diesem "kleinen weißen Haus" am Wil-den Eber (Abb. 1) ist dann Ende 1993 nach 22 Jahren manchem Mitarbeiter nicht leicht geworden.

Die Organisationsstrukturen in der FU-Berlin hatten sich inzwischen abermals geändert. 1989 waren alle geologischen Fachrichtungen mit Ausnahme der Paläontologie mit der Geophysik zu einem neuen "Institut für Geologie, Geophysik und Geoinformatik" vereinigt worden. Die zwar schon frühzeitig projektierte räumliche Zusammenlegung zog sich dann aber in einem mühsamen und zähen Prozeß über viele Jahre hin, bis auch die Geophysik Ende 1993 als letzte der betroffenen Fachrichtungen ihr neues Domizil auf dem Gelände Malteserstr. 74-100 in Berlin-Lankwitz beziehen konnte. Der Kern dieses Geländes besteht aus Gebäuden einer Kasernenanlage aus der Wilhelminischen Zeit. Nach dem Zweiten Weltkrieg kamen etliche Neubauten hinzu und beherbergten für lange Jahre die Pädagogische Hochschule Berlin. Die Fachrichtung Geophysik nutzt heute etwa 1000 Quadratmeter in den Häusern D, E und N sowie zentrale Einrichtungen (Bibliothek, Hörsäle) in C.

Zum Institut gehören außerdem seit 1965 das seismologische Observatorium BRN im Düppeler Forst und seit 1991 die Breitbandstation BRNL des "German Regional Seismic Network" in einem Bunker auf dem Gelände in Lankwitz.

Tagungen

Die 34. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft wurde 1974 von der Technischen Universität Berlin, wo seit 1971 ein Lehrstuhl für Angewandte Geophysik existiert, gemeinsam mit der FU-Geophysik durchgeführt.

Ein Höhepunkt in der Geschichte der Geowissenschaften an der FU-Berlin war zweifellos die Durchführung des Internationalen Alfred-Wegener-Symposiums 1980 unter Beteiligung vieler namhafter Wissenschaftler des In- und Auslandes und einiger inzwischen hochbetagter Mitglieder



Abb. 1: Das Haus am "Wilden Eber" in der Rheinbabenallee 49 in Dahlem, von 1972 bis 1993 Domizil der Fachrichtung Geophysik der FU-Berlin. (Foto: K. Twardy)

der so tragisch geendeten letzten Forschungsexpedition Wegeners nach Grönland 1930.

Alfred Wegener, 1880 in Berlin geboren, hatte aus einer jugendlichen Vermutung heraus seine Kontinentalverschiebungstheorie entwickelt (WEGENER 1915), die von einem Großteil der Fachwelt zunächst bezweifelt, abgelehnt oder für lange Zeit einfach ignoriert wurde. Sie wurde in den 60er Jahren wieder aufgegriffen und gilt heute als gesicherte und nachprüfbar (z.B. durch GPS-Messungen) Erkenntnis in der Geodynamik.

Studenten

Die Entwicklung der Studentenzahlen im Fach Geophysik ist in etwa ein Spiegelbild der Entwicklung an der gesamten Freien Universität, wenn auch z.T. mit unterschiedlichen zeitlichen Sprüngen.

Im Wintersemester 1948/49 waren 2140 Studenten an der FU eingeschrieben, davon 1271 Erstsemester. Man darf annehmen, daß die restlichen 869 zum größten Teil von der Humboldt-Universität und anderen Hochschulen der Sowjetisch Besetzten Zone kamen. Die Freie Universität Berlin entwickelte sich über etwa 5000 (1950), 12 500 (1960), 15 000 (1970), 41 000 (1980) zu einer Mammutuniversität mit über 60 000 Studenten im Jahre 1990. Seitdem ist die Zahl allerdings wieder rückläufig (etwa 50 000 im Wintersemester 1995/96).

Bei der Geophysik fing alles sehr bescheiden an. Im Wintersemester 1965/66 gab es 3 Diplomanden und 1 Doktoranden, die alle von westdeutschen Universitäten kamen. Danach gingen die Zahlen mehr oder weniger kontinuierlich nach oben.

Einen deutlichen Sprung auf ein höheres Niveau gab es ab Wintersemester 1990/91, also unmittelbar nach der deutschen Wiedervereinigung. Dieser Sprung war auch in vie-

len anderen Bereichen der Freien Universität zu beobachten. Allerdings war auch die Zahl der Studienabbrecher besonders hoch, die großen Erstsemesterzahlen gingen nach 4 Semestern auf etwa 30% zurück.

Im Wintersemester 1995/96 sind an der FU-Berlin im Fach Geophysik insgesamt 78 Studenten eingeschrieben, davon 12 im ersten Semester.

Die durchschnittliche Studiendauer bis zum Diplomabschluß ist nach relativ konstanten ersten 20 Jahren (ungefähr 12,5 Semester) im letzten Jahrzehnt auf 14,8 Semester deutlich angestiegen und damit höher als alle bisher diskutierten oder angestrebten Regelstudienzeiten. Nur ganz wenige hatten ihr Diplom nach 10 Semestern, der Rekord liegt bei 28.

Aus den im Laufe von 30 Jahren abgelegten Examina ergibt sich ungefähr ein Schnitt von drei Diplomen und einer Promotion pro Jahr sowie einer Habilitation alle 6 Jahre.

Forschungsgebiete und Finanzierung

Die Zuordnung der schriftlichen Examensarbeiten zu einzelnen Sachgebieten (s. Tab. 1) gibt in erster Näherung auch Anhaltspunkte über die Forschungsaktivitäten des Instituts. Der relativ hohe Prozentsatz in der Rubrik "andere" rührt besonders bei den Dissertationen daher, daß neben zwei Arbeiten aus der Geothermie jeweils mehrere Sachgebiete behandelt wurden.

In den ersten Jahren lag der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten eindeutig bei der Seismologie und bei den feldseismischen Untersuchungen mit Hilfe der Refraktionsseismik. Die beiden Lehrstuhlinhaber Strobach und Giese waren schon in ihrer Hamburger bzw. Münchner Zeit am Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft "Geophysikalische Erforschung des tieferen Untergrundes Mitteleuropas" (1958-1964) beteiligt

Tab. 1: Examensstatistik, Anteil einzelner Sachgebiete an den schriftlichen Arbeiten in Prozent

	Seismik	Gravimetrie	Magnetik	Geoelektrik	andere
Diplomarbeiten	36 %	27 %	19 %	8 %	10 %
Dissertationen	35 %	19 %	13 %	7 %	26 %

und ab 1965 auch in dem Nachfolgeprogramm "Unternehmen Erdmantel", dem deutschen Beitrag zum internationalen "Upper Mantle Project".

Durch neue Mitarbeiter kamen aber bald auch andere Themenkreise hinzu wie z.B. solar-terrestrische Beziehungen, geoelektrische Modellversuche, Erdzeiten, Magnetotellurik, Gravimetrie und Isostasie sowie vielfältige Modellierungen.

Die Fachrichtung Geophysik der FU-Berlin ist in ihren Forschungsaktivitäten immer eingebunden gewesen in ein Netz von nationalen und internationalen Kooperationen und ist dies auch heute noch.

Zu den zwei bereits genannten Projekten können hier nicht alle weiteren aufgeführt werden, sondern nur eine Auswahl davon stellvertretend und schlagwortartig:

- Geodynamik des mediterranen Raumes,
- Vertikalbewegungen und ihre Ursachen am Beispiel des Rheinischen Schildes,
- Plattentektonik, Orogenese und Lagerstättenbildung am Beispiel der Iraniden (nach 1978 abgebrochen),
- Geodynamikprojekt "Blaue Straße" in Skandinavien,
- Internationales Alpenlängsprofil (ALP 75),
- Europäische Geotraverse (EGT),
- Mathematische Modelle in der Lagerstättenexploration,
- Langperiodische Erdkrustendynamik in Fennoskandien,
- Kontinentale Tiefbohrung (KTB),
- Deutsches Kontinentales Reflexionsprogramm (DEKORP).

Die FU-Berlin förderte über eine besondere Kommission für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs (FNK) etliche dieser Projekte durch Sondermittel; z.T. durch Bildung eigener Forschungsprojektschwerpunkte (FPS) und Forschungsgebietsschwerpunkte (FGS).

Einer dieser FGS, 1980 begonnen, hatte den Titel "Mobilität aktiver Kontinentalränder" und umfaßte ein breites Spektrum geowissenschaftlicher Arbeiten im Atlasgebirge/Marokko und in den Anden im Bereich zwischen etwa 20° bis 25° südlicher Breite. Daraus wurde 1984 eine durch die DFG geförderte Forschergruppe gleichen Namens, die im Mai 1990 in Berlin ihr Abschlußseminar veranstaltete.

Die Arbeiten in den Anden werden fortgesetzt im Rahmen des 1993 eingerichteten Sonderforschungsbereiches 267

der DFG unter dem Titel "Deformationsprozesse in den Anden". Beteiligt sind neben der FU-Berlin die Technische Universität Berlin, das GeoForschungsZentrum Potsdam und seit kurzem auch die Universität Potsdam; Sprecher ist von Beginn an P. Giese. Die erste Antragsperiode von 1993 bis 1995 ist abgeschlossen und eine zweite für 1996 bis 1998 bewilligt.

Die Finanzierung der Forschung an deutschen Hochschulen ist in hohem Maße abhängig von der Höhe der Zuwendungen von dritter Seite. Es zeigt sich, daß der Fachbereich Geowissenschaften bei der Einwerbung von Drittmitteln im gesamtuniversitären Vergleich stets einen vorderen Platz einnimmt, woran die Geophysik einen hohen Anteil hat. Bei der Gesamtsumme sind nur die beiden Klinika Steglitz und Charlottenburg sowie der Fachbereich Physik besser platziert, bei der Quote für jeden potentiellen Antragsteller nur die Physik!

Die Herkunft der Drittmittel ist vielfältig und stammt sowohl aus dem öffentlichen (z.B. DFG, BMFT/BMBF, EG) als auch dem privaten Bereich (z.B. VW-Stiftung, Erdölindustrie), wobei die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit Abstand an der Spitze steht (ca. 40%; mit steigender Tendenz durch den SFB 267).

Es ist absehbar, daß die Einwerbung von Drittmitteln bei stagnierenden oder gar rückläufigen Haushaltsmitteln der Universitäten in Zukunft eine weiter steigende Bedeutung gewinnen wird.

Literatur

GIESE, P. & LIEDHOLZ, J. (1980): Klima, geologischer Untergrund und geowissenschaftliche Institute in Berlin. - Beilage zu den Tagungsunterlagen des Internationalen Alfred-Wegener-Symposiums 1980.

WEGENER, A. (1915): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. - Braunschweig (Vieweg-Verlag).

Die Geschichte der Geophysik in Bochum

Horst Rüter

Die Geschichte der Geophysik in Bochum ist bis zur Gründung der Ruhr-Universität 1968 ausschließlich eine Geschichte der Geophysik für den Bergbau. In den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts wurden von den damaligen Bergämtern in Ibbenbüren und Bochum magnetische Messungen zunächst mit einfachen Kompassen und ab 1844 mit den Breitkampfschen Deklinatorien durchgeführt. 1854 wurde die erste feste magnetische Warte in einem eisenfreien Häuschen eingerichtet. Sie war bestückt mit einem von Linke, Freiberg, gebauten Gerät, das täglich um 10.30 Uhr vormittags und um 1.00 Uhr nachmittags abgelesen wurde.

Die 1864 gegründete Westfälische Berggewerkschaftskasse (WBK), der seit 1872 eine Markscheideabteilung angehörte, war in der Folgezeit für die Betreuung der magnetischen Warte und für alle weiteren geophysikalischen Aktivitäten in Bochum zuständig. Die markscheiderische Abteilung wurde von 1886 bis 1908 von Wilhelm Lenz betreut, der sich in dieser Zeit große Verdienste um die Einführung der Geophysik im Bergbau erworben hat.

Im Jahre 1888 richtete die WBK ihre erste offizielle erdmagnetische Warte ein. In den nächsten Jahrzehnten mußte die Bochumer magnetische Warte zweimal vor den großen Eisenmassen fliehen, die der moderne Städtebau um sich auf türmte. Im Bochumer Stadtpark fand sie eine Zufluchtsstätte. Im Jahr 1912 zog ein Teil der Station in den ländlichen Süden Bochums. Die im Bochumer Stadtpark zurückgebliebenen Einrichtungen zur Bestimmung der absoluten Deklination versahen dort noch 40 Jahre ihren Dienst, bis sie im Jahre 1943 ein großer Luftangriff auf Bochum völlig zerstörte. Den Betrieb der unversehrt gebliebenen Warte im Süden Bochums stellte die Berggewerkschaftskasse mit Ablauf des Jahres 1946 ein, da sich wegen des zunehmenden Stahlausbaus in den Gruben genaue Magnetorientierungen, für die man die von der Warte ermittelten Variationswerte der Deklination benötigte, nicht mehr durchführen ließen. Längst war der Theodolit im Wettstreit mit dem Kompaß Sieger geblieben.

Die neben der magnetischen Warte zweite Wurzel der Geophysik ist ihre Wetterwarte. W. Lenz nahm seit 1887 regelmäßige meteorologische Beobachtungen vor. Die Messungen der Niederschläge durch Regenmesser sollten einen Anhalt geben, um die Wasserzuflüsse untertage besser zu beurteilen. Die Beobachtung von Luftdruck und Temperatur ist für die Wetterführung von Nutzen.

Anfang des Jahres 1888 begannen die Aufzeichnungen in Form von Tagebüchern, die vom Preußischen-Meteorologischen Institut für Regenstationen vorgeschrieben waren und die in der Hauptsache die täglichen und monatlichen Niederschlagsmengen enthielten. Nach einer allmählichen Ausdehnung auf einen täglich dreimaligen Beobachtungsdienst wurde die Station 1925 in Anlehnung an die Vorschriften des Meteorologischen Zentralinstituts auf den Umfang einer Station zweiter Ordnung erweitert. Zwar ließ sich der Plan der WBK, ein direktes Beobachtungsnetz zur

Untersuchung der Niederschlagsverhältnisse im Industriegebiet zu errichten, wegen der großen Kosten nicht verwirklichen; sie konnte aber die Meßergebnisse einer ganzen Reihe von hauptsächlich auf Schachtanlagen aufgestellten Regenmessern bearbeiten und veröffentlichen. 1938 gab sie die Ergebnisse fünfzigjähriger Niederschlagsbeobachtungen in Bochum 1888 bis 1937 heraus. Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs erschien als nächste Veröffentlichung eine groß angelegte Untersuchung über die Niederschlagsverhältnisse im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet von 1891 bis 1950. In den letzten Jahren vereinfachte und verbesserte die WBK die Wetterbeobachtung in der Bochumer Warte, indem sie alle Meßgeräte auf mehrtätige Dauerregistrierung umstellte. Seit 1992 wird die Meteorologische Station von der Ruhr-Universität Bochum betreut.

Die Errichtung einer dritten geophysikalischen Warte, einer Erdbebenstation, war von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse gegen Ende des 19. Jahrhunderts geplant, konnte aber erst in den Jahren 1907 bis 1909 durchgeführt werden (Abb. 1). Diese Aufgabe übernahm der neue Leiter der Abteilung Markscheidewesen Ludger Mintrop. Die neue Station sollte einem erweiterten Zweck dienen: Die Folgen der Erdbewegungen durch Erdbeben, wozu insbesondere auch die durch menschliche Betriebe und Einrichtungen geschaffenen künstlichen Beben zu rechnen sind, sollten auf wissenschaftlicher Grundlage untersucht und klargestellt werden. Es ging also nicht nur um die Aufzeichnung der Erdbeben und Erschütterungen, sondern vor allem auch um ihre Auswirkungen. Im Jahre 1914 veröf-

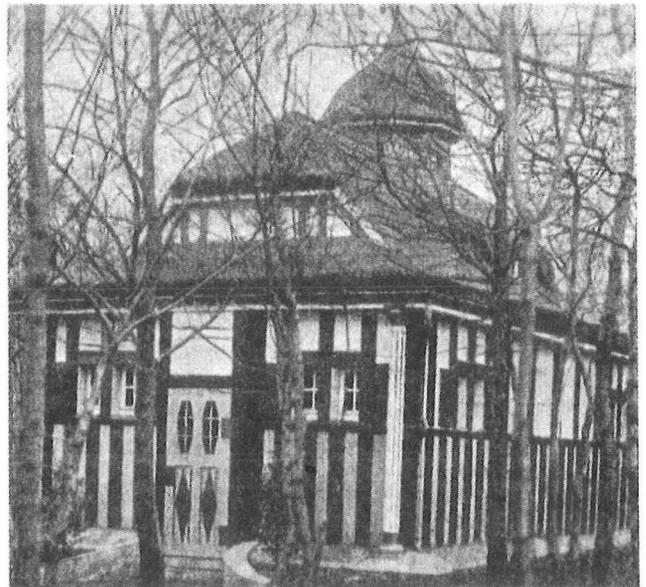


Abb. 1: Ansicht der Erdbebenwarte der Westfälischen Berggewerkschaftskasse im Bochumer Stadtpark (LÖHR 1942).

fentlichte Mintrop die erste maßgebende Untersuchung aus dem Arbeitsgebiet der neuen Erdbebenstation. Gestützt auf 5jährige Beobachtungen der Bochumer Warte wies er nach, daß die Bodenbewegungen durch Fernbeben und die durch die Brandung an den Küsten erzeugte Bodenunruhe weder - wie oft behauptet worden war - Schlagwetterexplosionen, Stein- und Kohlefall verursachen noch bei ihrer Entstehung mitwirken. Die Erdbebenwarte wandte in den folgenden Jahren ihre Aufmerksamkeit nunmehr der für die geophysikalische Forschung wichtigen Bearbeitung von Nahbeben und Erdstößen zu. Für diese Forschungsvorhaben beschaffte sie 1934 einen Wiechert-Horizontal-Seismographen mit 17 t träger Masse für die Aufzeichnung von Nahbeben. Ein Beispiel für ein solches Seismogramm zeigt Abb. 2. In der Abb. 3 sind die vierteljährliche Häufigkeit der beobachteten Gebirgserschütterungen für die Jahre 1935 bis 1939 und deren tageszeitliche Verteilung dokumentiert. Der Seismograph wurde wie alle anderen Instrumente zerstört, als im Jahre 1943 das Erdbebenhäuschen im Bochumer Stadtpark einem Luftangriff zum Opfer fiel. Wegen vieler anderer vordringlicher Aufgaben konnte die WBK erst im Jahre 1951 an die Wiedereinrichtung einer Erdbebenwarte denken. Nach den erforderlichen Vorarbeiten, die besonders die Verwendung von modernen elektronischen Meßverfahren vorbereiteten, liefen die Meßstreifen der neuen Warte seit dem 8. Dez. 1955. Die vom Leiter des Arbeitsgebietes Geophysik und Geophysikalische Warten, Heinrich Baule, konstruierten und in der Werkstatt der Abteilung gebauten elektrischen Vertikal- und Horizontal-Erschütterungsempfänger standen in dem 17 m tiefen Taucherschacht der Bochumer Bergschule. Eine von Baule entwickelte kontinuierliche magnetische Registrieranlage nahm Ende Juni 1960 die Dauerregistrierung auf Magnetband auf. Damit eröffneten sich ganz neue Möglichkeiten, die Herde von Erdstößen, Gebirgsschlägen und Nahbeben zu bestimmen. Zusätzlich eingerichtete Außenstationen konnten die Herdbestimmung erleichtern.

Als H. Baule 1968 auf den neuen Lehrstuhl für Geophysik der jungen Ruhr-Universität (RUB) berufen wurde, verla-

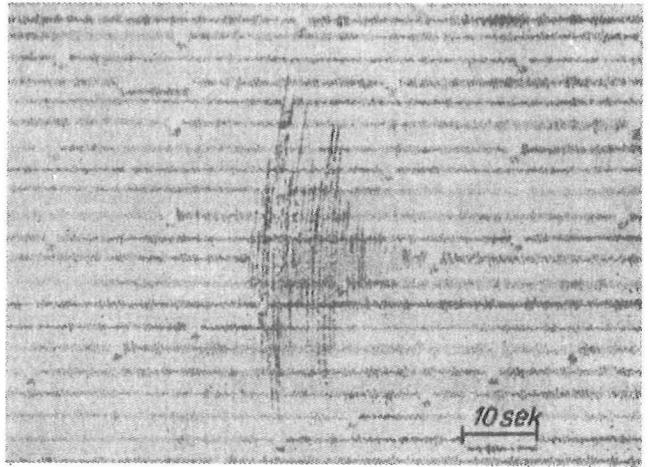


Abb. 2: Aufzeichnung eines Erdstoßes am 3. Nov. 1936 mit dem 17-t-Wiechert-Horizontalseismographen der Erdbebenwarte der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum (LÖHR 1942).

gerte er die Observatoriumsarbeiten weitgehend an die Universität. Nach seiner Emeritierung 1979 führte sein Nachfolger, H.-P. Harjes, diese Entwicklung an der RUB durch den Aufbau eines seismischen Array auf dem Universitätsgelände fort, ergänzt durch untertage (in ca. 800 m Tiefe) auf Schachtanlagen des östlichen und westlichen Ruhrgebiets installierte Dreikomponenten-Stationen. Seit Beginn der achtziger Jahre erlaubt dieses Netz mit moderner Digitaltechnik die Echtzeit-Überwachung der induzierten Seismizität im Ruhrgebiet.

Nachdem es um die Jahrhundertwende gelungen war, geophysikalische Observatoriumsgeräte soweit zu verkleinern, daß Feldmessungen möglich wurden, ergab sich für die Geophysik auch in Bochum neben dem Betrieb der festen Warten eine zweite Aufgabe, nämlich die Durchführung

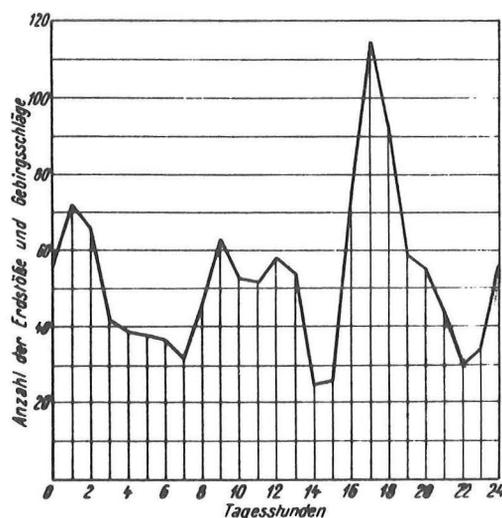
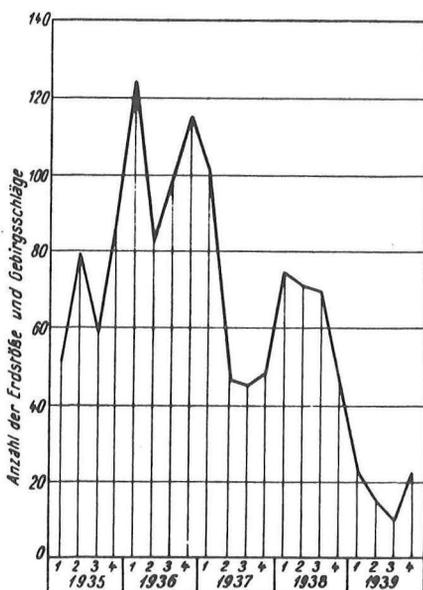


Abb. 3: Vierteljährliche Verteilung der vom Nahbebenschreiber der Bochumer Erdbebenwarte aufgezeichneten 1264 Gebirgserschütterungen - Erdstöße, Gebirgsschläge - auf die Jahre 1935 bis 1939 (links), Verteilung dieser Gebirgserschütterungen auf die Tagesstunden (rechts), nach LÖHR (1942).

von geophysikalischen Feldmessungen. Eine erste derartige Untersuchung magnetischer Anomalien fand 1889 durch den WBK-Markscheider Lenz statt. Mit einem Magnet-Theodoliten mit Kastenbussole wurde an 21 Plätzen des Steinkohlenbezirks die Deklination genau bestimmt. In seiner 1890 erschienenen Veröffentlichung stellte Lenz fest, daß der Abstand der Isogonen im Westen des Bezirks kleiner ist als im Osten, größere mit dem Magneten abgeleitete Störungen in den vermessenen Gebieten aber nicht vorhanden zu sein scheinen. Für die Anomalien vermutete er Ursachen im geologischen Untergrund. Frühzeitig wurden auch gravimetrische Messungen, sowohl Pendelmessungen als auch Gravimeter-Messungen, durchgeführt, beispielsweise 1937 auf der Schachanlage Ewald. Anomalien von 0,5 bis 1 mgal stehen im Zusammenhang mit dem Faltungsbau des Karbongebirges. 1926 wurden Drehwaagemessungen auf der Schachanlage Minister Stein in Dortmund durchgeführt. Auch hier wurde der Faltungsbau des Steinkohlengebirges abgebildet. Die im Institut entwickelten tragbaren seismischen Meßgeräte wurden zunächst von Mintrop zur Aufzeichnung von Verkehrserschütterungen und Sprengerschütterungen eingesetzt. Bei der Beurteilung der Auswirkung von Erschütterungen auf Bauwerke wurden Eigenschwingungen von Gebäuden und Bauteilen experimentell untersucht. Zur Aufzeichnung der Erschütterung benutzte Mintrop das von ihm entwickelte 3-Pendel-Gerät. Diese Geräte wurden 1934 bis 1938 durch in Bochum geplante und entwickelte Geräte ersetzt, die auf selbstgebauten Schütteltischen kalibriert wurden. Auf dem Gebiet der Messung und Beurteilung von Verkehrs- und Sprengerschütterungen erwarb sich später H. Baule mit neuen Geräten, aber auch mit neuen Normen, große Verdienste.

Ab 1906 widmete sich Mintrop bei E. Wiechert in Göttingen eingehend den Studien der Erregung, Ausbreitung und seismographischen Aufzeichnung künstlich erzeugter seis-

mischer Wellen. 1908 ließ er auf eigene Kosten ein 15 m hohes Gerüst für Fallkugelversuche errichten (Abb. 4). Zeitdokumente sind Seismogramme von Sprengungen im Bergbau von 1912 (Abb. 5). Mintrop entwickelte in Bochum zusammen mit Grube sehr einfache und leichte Seismometer, bei denen schon eine fotografische Registrierung erfolgte. 1912 beobachtete Mintrop in künstlich erzeugten Seismogrammen longitudinale und transversale Wellen und sprach die Vermutung aus, daß auch Reflexionen von tiefen Erdschichten in den Seismogrammen zu erkennen sind. 1919 entdeckte er dann die refraktierte Welle, die später nach ihm *Mintrop-Welle* benannt wurde. Mit dem 1919 erteilten Patent gilt Mintrop als der Erfinder der seismischen Explorationsmethode. Die geophysikalischen Feldmessungen, ihre Auswertung und Interpretation gewannen in den Folgejahren unter den Institutsleitern Lühr, Baule und Rüter gegenüber den festen geophysikalischen Warten immer mehr an Bedeutung. Insbesondere die seismischen Verfahren zur Kohleexploration wurden systematisch weiter ausgebaut. Beispiele hierfür sind die Flözwellenseismik, die hochauflösende Seismik zyklischer Schichten, die Einführung der 3D-Seismik bei der Erkundung von Kohlelagerstätten und die zugehörigen Auswertemethoden. Zahlreiche dieser Projekte wurden gemeinsam mit der Arbeitsgruppe von L. Dresen am Institut für Geophysik der Ruhr-Universität entwickelt und in der Praxis erprobt. Hierzu gehört auch die Untertage-Gravimetrie, die von U. Casten und L. Dresen an der RUB zur Abschätzung und eventuellen Prognose des Gebirgsschlagsrisikos weiterentwickelt wurde.

Mit dem Rückgang des deutschen Steinkohlenbergbaus wandte sich die Geophysik in Bochum sowohl an der DMT (Deutsche Montan Technologie, der Nachfolgeinstitution der WBK) als auch an der Ruhr-Universität zunehmend bergbaufremden Fragestellungen zu, und sie ist heute unter anderem ein Vorreiter auf dem Gebiet der Ingenieur- und

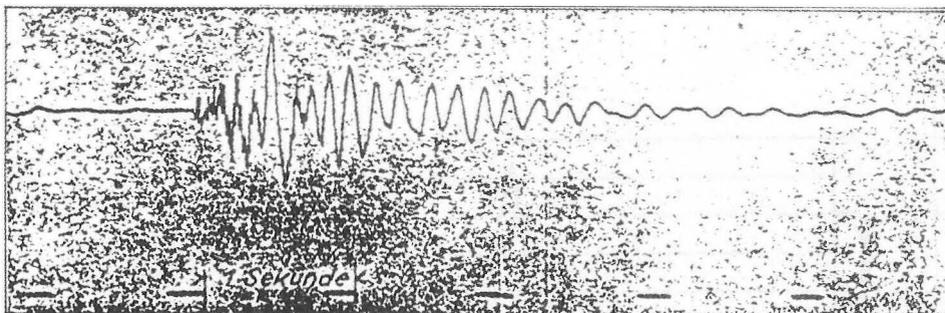


Abb. 4: Kopie eines photographischen Horizontal-Seismogrammes vom Aufschlag einer 4000 kg schweren Stahlkugel aus 14 m Höhe in 510 m Entfernung. Aufgenommen durch L. Mintrop (MINTROP 1942).

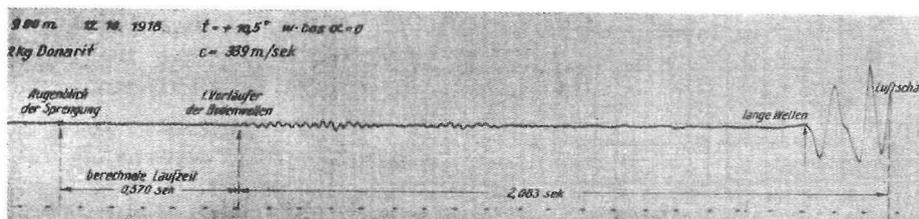


Abb. 5: Kopie eines photographischen Vertikal-Seismogrammes einer Sprengung von 2 kg Donarit in 900 m Entfernung, aufgenommen mit dem Feldseismographen von L. Mintrop 1918 (MINTROP 1942).

Umweltgeophysik. So hat F. Rummel seit 1977 die Hot-Dry-Rock-Forschung in Deutschland maßgeblich vorange-trieben, um die industrielle Nutzbarkeit der Erdwärme aus heißem Tiefengestein als potentielle Alternativenergie nachzuweisen. Aufbauend auf den instrumentellen Ent-wicklungen von Mintrop und Baule entwickelte sich die Geophysik in Bochum parallel hierzu zu einem bedeuten-ten Entwickler und Hersteller geophysikalischer Meßgerä-te.

Literatur

LÖHR, W. (1942): Geophysikalische Einrichtungen des Bergbaus. - in: Der deutsche Steinkohlenbergbau, Technisches Sammel-werk, hrsg. vom Bergbau-Verein, Essen: 393-454; Essen (Verlag Glückauf).

MINTROP, L. (1942): Geophysikalische Verfahren zur Erforschung von Gebirgsschichten und Lagerstätten. - in: Der deutsche Stein-kohlenbergbau, Technisches Sammelwerk, hrsg. vom Bergbau-verein, Essen: 455-538; Essen (Verlag Glückauf).

Die Geschichte des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF)

Dieter Seidl & Helmut Aichele

Der historische Ursprung des Gräfenberg-Array

Im Jahr 1959 wurde vom Verteidigungsministerium der USA ein Forschungsprogramm zur Entwicklung von Me-thoden und Techniken für die seismologische Fernortung von Explosionen, das sogenannte VELA UNIFORM Pro-jekt - "*The Nation's Quest for Better Detection of Under-ground Nuclear Explosions*" - ins Leben gerufen. Obwohl das ursprüngliche Ziel des Projektes eine sehr spezielle Meßaufgabe war, hat sich das Projekt zu einem der folgen-reichsten Forschungsprogramme in der Geschichte der Seismologie und der Physik des Erdinnern entwickelt. Aus den zahlreichen Aspekten dieser Entwicklung seien drei für die Geschichte des Gräfenberg-Array besonders wichtige Punkte herausgegriffen:

- Der Aufbau eines weltweiten homogenen Netzes von 120 seismischen Stationen mit photographischer Registrierung in einem kurzperiodischen Band um 1 Hz und einem lang-periodischen Band zwischen 10 und 100 s (World Wide Standard Seismograph Network WWSSN). Eine dieser WWSSN-Stationen wurde 1962 in der Erdbebenwarte des Landeserdbebendienstes Baden-Württemberg in Stuttgart installiert und bis zum Jahr 1990 betrieben.

- Der Einsatz der in der Radartechnik und Radioastronomie entwickelten Arraytechnik für die Detektion und Ortung schwacher seismischer Signale mit mobilen Klein-Arrays (Long Range Seismic Measurements LRSM) sowie mit stationären Groß-Arrays (Large Aperture Seismic Array LASA in den USA, Norwegian Seismic Array NORSAR in Norwegen).

- Die Anwendung digitaler Techniken für die seismische Datenerfassung und Seismogrammanalyse.

Als Teil des LRSM-Programms wurde im Juni 1963 von der US-Firma GEOTECH nördlich von Nürnberg in der Fränkischen Schweiz, nahe dem Städtchen Gräfenberg, eine seismische Station für die Detektion von Kernexplosionen auf dem Testgelände NTS (Nevada Test Site, USA) installiert. Die Station erhielt die internationale Codebezeichnung GRF. Der Kern der LRSM-Station GRF war ein kurzperiodisches Kleinarray aus sieben Vertikalseismome-tern (Typ Benioff) in einer kreuzförmigen Anordnung von zwei Stationslinien mit jeweils 3 km Auslagenlänge und einem Stationsabstand von 1 km, ausgerichtet auf den

Schußpunkt NTS. Das Array wurde durch zwei horizontale Benioff-Seismometer im Arraykreuzungspunkt sowie durch eine langperiodische Station (einem vertikalen und zwei horizontalen Sprengnether Seismometer) ergänzt. Die Seismometer waren über Kabel mit einer Zentrale verbun-den, in der die Daten kontinuierlich auf Film und FM-Magnetband aufgezeichnet wurden (Abb. 1) und nahezu in Echtzeit auf einem automatischen Filmentwicklungsgerät inklusive einer Summationsspur ausgewertet werden konnten. In dem GRF-Kleinarray waren also bereits die wichtigsten Merkmale eines seismischen Detektionsarrays in analoger Technik realisiert: flächenförmige Seismome-teranordnung in einer geometrisch ausgezeichneten Konfi-guration, zentrale Registrierung und Erhöhung des Signal-Stör-Verhältnisses durch analoge Summation von Array-spuren.

Vom LRSM-Detektionsarray zum Seismologi-schen Zentralobservatorium GRF

Gemessen am Standard der vor dem Zweiten Weltkrieg entwickelten klassischen Registriertechniken der deutschen Erdbebenstationen war das LRSM-Array GRF damals ein Spitzenprodukt der seismischen Meß- und Registriertechn-ik, das neben seiner originären Detektionsaufgabe auch für seismologische Forschungsarbeiten eingesetzt werden konnte. Aus dieser Einschätzung entstand das Konzept, die LRSM-Station nach Ablauf des von der ARPA (Advanced Research Project Agency in Washington) verwalteten und auf zwei Jahre befristeten LRSM-Programms zu überneh-men und zu einem Zentralobservatorium für die seismologi-sche Forschung in der Bundesrepublik Deutschland aus-zubauen.

Das Ende des LRSM-Programms der ARPA im Jahr 1965 traf nun mit einer zweiten Entwicklung zusammen, die für die geophysikalische Forschung in der Bundesrepublik und damit auch für die weitere Geschichte des GRF-Array von entscheidender Bedeutung war: die Gründung des For-schungskollegium Physik des Erdkörpers e.V. (FKPE).

In seiner Satzung hat das FKPE drei zentrale Vereinsauf-gaben definiert:

- "Pflege der Wissenschaften von der Physik des Erdkör-pers",

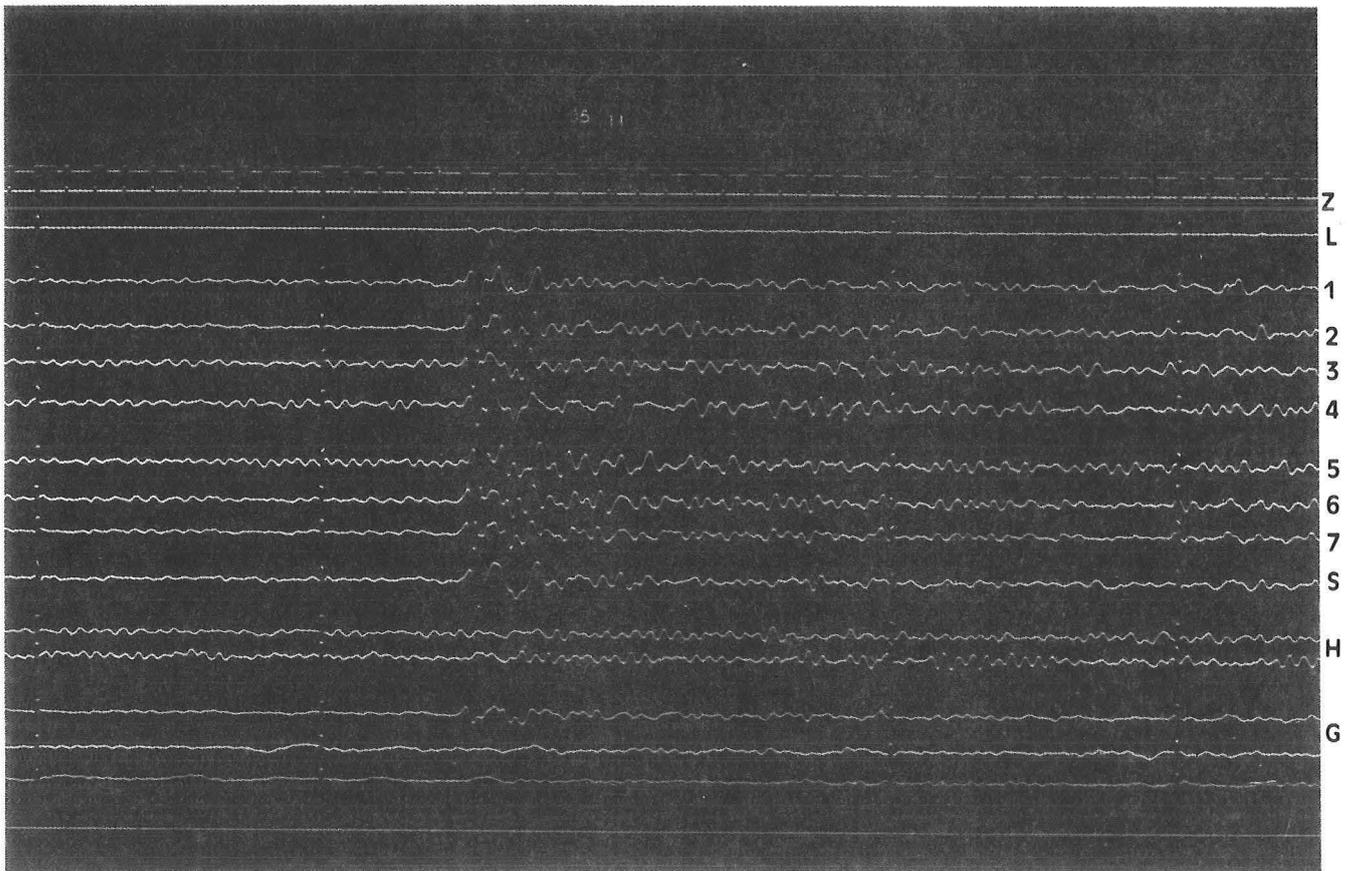


Abb. 1: Film-Seismogramm des kurzperiodischen GRF-Array einer Kernexplosion in Nevada Test Site am 10. Feb. 1972. Bemerkenswert sind die hohe räumliche Kohärenz der P-Welle (Spuren 1 bis 7) sowie die Erhöhung des Signal-Störverhältnisses der Summationsspur (S).

Z = Zeitzeichenkanäle, L = Spur mit reduzierter Verstärkung, 1 bis 7 = Vertikale Array-Stationen, S = Summationsspur, H = Horizontalspuren der 3-Komponentenstation, G = 3-Komponentenstation (1-Hz Geotech-Seismometer S13).

- "Durchführung von Forschungsvorhaben in Gemeinschaftsaufgaben" und
- "Fortbildung wissenschaftlicher Nachwuchskräfte".

Auf seiner ersten Sitzung am 13. März 1965 im Institut für Geodäsie der Technischen Hochschule Hannover wurde vom FKPE beschlossen, nach dem Abschluß der laufenden Verhandlungen über die Übergabe der LRSM-Station die wissenschaftliche Trägerschaft für das neue Observatorium mit dem Namen "Seismologisches Observatorium des FKPE" zu übernehmen. Am 11. Mai 1965 wurde das Observatorium von der Technischen Hochschule Karlsruhe ad interim für zwei Jahre übernommen. Die Kosten für das Observatorium in diesem Zeitraum wurden je zur Hälfte von der ARPA sowie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen einer Sachbeihilfe bestritten.

Mit dieser Regelung waren zwar die Anfangsbedingungen für den weiteren Aufbau des Zentralobservatoriums gesetzt und der kurzfristige Betrieb für zwei Jahre gesichert. Bis zur endgültigen Etatisierung im Jahr 1970 war aber noch ein weiter und schwieriger Weg zu absolvieren. Ein entscheidender Fortschritt konnte erzielt werden, nachdem es dem FKPE gelungen war, neben der DFG die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR, als dritten

Partner für den langfristigen Betrieb des Observatoriums zu gewinnen. Die konzertierten Aktionen von FKPE, DFG und BGR haben schließlich zur Lösung des Etatisierungsproblems geführt: Am 2. Dez. 1970 wurde ein Vertrag zwischen dem Bundesministerium für Wirtschaft, vertreten durch den Präsidenten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, und der Deutschen Forschungsgemeinschaft geschlossen, in dem das Observatorium als Hilfseinrichtung für die Forschung gemeinsam von der DFG und der BGR betrieben wird. Der Vertrag wurde am 1. Jan. 1980 in die seitdem gültigen Form modifiziert, in dem die DFG der BGR das Observatorium als Leihgabe zur Verfügung stellt. Der Vertrag regelt auch die Frage der Weiterentwicklung sowie des Arbeitsprogramms durch ein von Vertretern der DFG bzw. der BGR paritätisch besetztes Kuratorium, das vom FKPE über seine "Arbeitsgruppe Gräfenberg" technisch und wissenschaftlich beraten wird.

Der schwierige Weg zur finanziellen und personellen Konsolidierung des Observatoriums ist in der DFG-DENKSCHRIFT "PHYSIK DES ERDKÖRPERS" (1967) sowie in dem DFG-Forschungsbericht "ERDBEBENFORSCHUNG: 10 JAHRE SEISMOLOGISCHES ZENTRALOBSERVATORIUM" (1976) dargestellt.

Ein beredtes Zeugnis des langwierigen Entwicklungsweges des SZGRF enthalten die Protokolle der FKPE-Sitzungen über viele Jahre, in denen das Observatorium als 'Sorgenkind des FKPE' ein Schwerpunkt auf der Tagesordnung war. Die Protokolle zeigen aber auch, daß das FKPE durch die stetige Förderung der technischen Weiterentwicklung und das Aufzeigen neuer Perspektiven in der seismologischen Forschung seine Rolle als wissenschaftlicher Träger des SZGRF trotz der zahllosen finanziellen und administrativen Widrigkeiten nie aus den Augen verloren hat.

Zur Umwandlung der Detektionsstation in ein seismologisches Observatorium mußten umfangreiche technische Renovierungsarbeiten und instrumentelle Erweiterungen vorgenommen werden. Die Konfiguration des Array wurde durch eine Umsetzung von drei Stationen in ein gleichseitiges Dreieck mit einer Seitenlänge von 4 km für die Herdatenbestimmung regionaler Beben modifiziert. 1967 wurden neben dem Meßcontainer in Haidhof (Abb. 2) ein Holzhaus mit Werkstatt (Abb. 3) und ein unterirdischer Meßbunker sowie eine Datenzentrale mit Auswertegeräten und Fernschreiber in Erlangen eingerichtet. Damit waren die wichtigsten Voraussetzungen für einen kontinuierlichen Observatoriumsbetrieb mit einer laufenden Seismogrammauswertung und einem regelmäßigen Datenaustausch über Fernschreiber zu den internationalen Datenzentren erfüllt, in den die Daten aller deutschen Stationen integriert waren. Mit den Beobachtungsdaten des Jahres 1969 konnte 1971 das erste gemeinsame Jahresbulletin aller Erdbebenstationen der Bundesrepublik publiziert werden.

Planung und Installation des GRF-Breitbandarray

Im Jahr 1968 wurde vom FKPE auf Initiative von H. Berckheimer (Frankfurt a. M.) der Aufbau eines Großarray im Fränkischen Jura für die seismologische Forschung beschlossen. Maßgebend für diese Standortwahl waren

neben den Ergebnissen eines Bodenunruhe-Meßprogramms ("Wackelprogramm") vor allem die bestehenden Einrichtungen des SZGRF, dessen endgültiger Standort damit ebenfalls festgelegt war. Die Spezifikationen der Seismometer, Arraykonfiguration, Datenerfassung und Datenübertragung sollten von speziellen Planungsgruppen ausgearbeitet werden. Nachdem sich die ursprünglich geplante telemetrische Datenübertragung wegen Lizenzproblemen und topographischen Hindernissen als technisch nicht realisierbar herausgestellt hatte, wurde im Jahr 1972 eine weitere Arbeitsgruppe "Teststrecke" unter der Leitung von H.-P. Harjes (damals BGR) gegründet. Die Aufgabe der Arbeitsgruppe war es, die Hardware und Software für eine digitale Datenübertragung über Telefonleitungen zu entwickeln und auf einer Pilot-Teststrecke von der Station Haidhof nach Erlangen zu erproben. Die Ergebnisse der Teststrecke, die umfangreichen theoretischen Untersuchungen über eine optimale Arraykonfiguration sowie Vergleichsmessungen mit verschiedenen Seismometern waren Anfang 1975 soweit fortgeschritten, daß ein Konzept für das Gesamtarray mit folgenden Spezifikationen vorgeschlagen werden konnte:

- *Arraykonfiguration*: 13 Stationen mit 19 Seismometern (10 vertikale und drei 3-Komponenten-Stationen), angeordnet in zwei Stationslinien entlang des geologisch homogenen Fränkischen Jura mit einer Unterstruktur von drei Subarrays (Dreiecke mit 12 km Seitenlänge) und Arrayauslagenlängen von etwa 100 km in Nord-Süd- bzw. 48 km in Ost-West-Richtung;
- *Seismometer*: langperiodische Sprengnether-Seismometer, abgestimmt auf eine Periode von 20 s;
- *Datenerfassung*: Gain-Ranging mit 66 bit Auflösung und 120 db Dynamikumfang, der später auf 132 db erweitert wurde;
- *Datenübertragung*: telefonische Übertragung auf Standleitungen zu den drei Subarraystationen und von diesen in die Datenzentrale in Erlangen;



Abb. 2: Instrumenten-Container der LRSM-Station GRF nahe der Ortschaft Haidhof. Auf dem Gelände befinden sich heute die Referenzstation des GRF-Breitbandarray, eine ultra-langperiodische Station sowie eine Breitband-Bohrlochstation des globalen Stationsnetzes von Stationen mit IRIS-Standard.



Abb. 3: Besichtigung der Station Haidhof mit der neuen Werkstatt durch Mitglieder des FKPE anlässlich seiner Sitzung am 23. März 1968 in Erlangen. Von links nach rechts: R. Veas, K. Strobach, K. Fuchs, J. Untied, M. Siebert, F. Thyssen, St. Müller, H. Menzel, K. Jung, Frau Kertz, W. Kertz, P. Ipsen.

- *Datenarchivierung*: kontinuierliche Archivierung auf Magnetbändern mit einer Schreibdichte von 800 bpi (bit/inch).

Für Forschungsvorhaben mit den Daten des Breitbandarray wurde in der Arbeitsgruppe Gräfenberg eine Liste von 20 Themen zusammengestellt, die von einzelnen Hochschul-instituten bearbeitet werden sollten.

Damit waren Mitte 1975 das technische Konzept sowie das wissenschaftliche Arbeitsprogramm im Detail definiert. Da nach Einschätzung der Arbeitsgruppe Gräfenberg kurzfristig mit keiner wesentlichen technischen Weiterentwicklung zu rechnen war, sollte der Aufbau des Array entsprechend diesem Konzept realisiert werden. Die Installation des nördlichen Subarray (A) wurde im März 1976 abgeschlossen, der Ausbau des Gesamtarray war bis etwa 1980 geplant.

Zu dieser Zeit ereignete sich ein Evolutionssprung mit weitreichenden Konsequenzen sowohl für die Breitbandseismometrie insgesamt als auch für die weitere Geschichte des GRF-Array. Die technischen Arbeiten zur Anpassung des langperiodischen Sprengnether-Seismometers und der Analogelektronik an das digitale Erfassungssystem waren unter intensiver Mitarbeit von E. Wielandt (damals ETH Zürich) durchgeführt worden. Dabei stellte sich heraus, daß das Seismometer die hohen Anforderungen an die Linearität für einen Dynamikbereich von 120 db auf Grund der mechanischen Pendelaufhängung nicht erfüllen kann. Außerdem war wegen der Größe des Seismometers eine Abschirmung zur Reduzierung des luftdruckinduzierten langperiodischen Instrumentenrauschens technisch in den Feldstationen des Array aus Kostengründen nicht realisierbar.

Wegen dieser Probleme hatte Wielandt parallel zu den Versuchen mit dem Sprengnether-Seismometer für das GRF-Array ein neues Seismometer entwickelt, das alle Voraussetzungen eines Breitbandseismometers mit digitaler Datenerfassung erfüllte: hohe Dynamik und Linearität,

eine genau definierte Übertragungsfunktion durch Anwendung einer elektronischen Krafrückführung sowie wegen der geringen Größe eine einfache Druckabschirmung hoher Güte durch eine Vakuumbglocke. Ein Prototyp des vertikalen Seismometers (Abb. 4) war genau zu dem Zeitpunkt fertiggestellt, als der DFG-Sachmittelantrag für das Gesamtarray mit Sprengnether-Seismometern ausgearbeitet und genehmigt worden war. Auf einer außerordentlichen Sitzung der Seismometerkommission der Arbeitsgruppe Gräfenberg am 11. Nov. 1976 in Frankfurt wurde beschlossen, das Seismometerkonzept des GRF-Array grundlegend zu ändern und das neue sogenannte STS1-Seismometer einzusetzen. Hersteller war die kurz zuvor gegründete

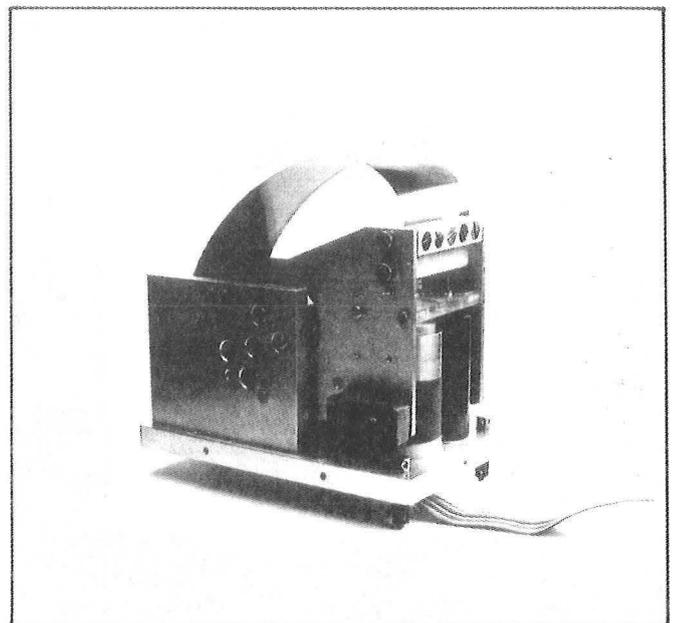


Abb. 4: Prototyp des vertikalen Blattfeder-Seismometers STS-1 (Bildarchiv E. Wielandt, Stuttgart).

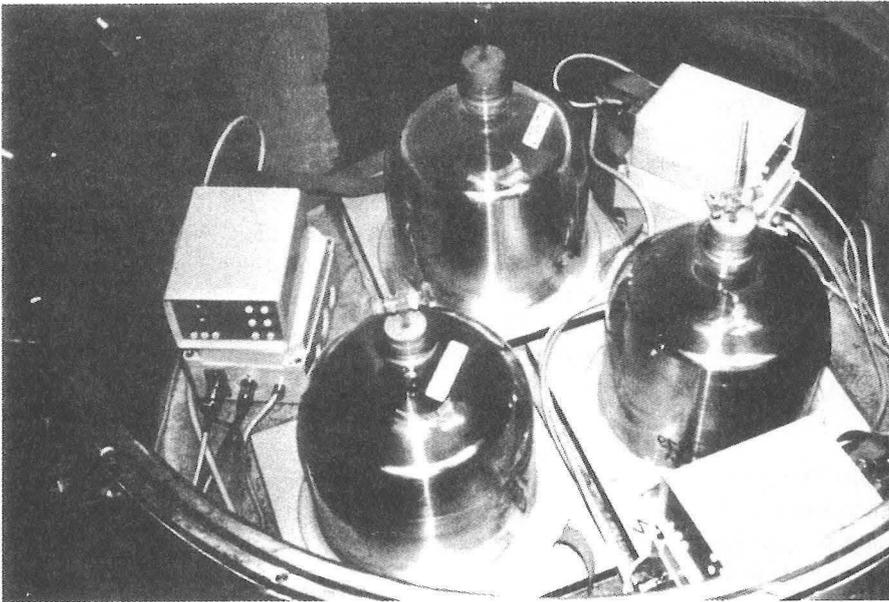


Abb. 5: 3-Komponenten-Breitbandstation des GRF-Array mit Seismometern STS-1 und Boxen mit der Analogelektronik für die Pendel-Servorückführung und die digitale Datenerfassung (Vorverstärker, Antialiasingfilter, Gain-Ranging Verstärker). Die Seismometer sind zur Reduzierung des durch Luftdruckschwankungen induzierten Instrumentenrauschens unter Vakuumglasglocken installiert.

Firma Streckeisen in Winterthur (Schweiz), die mit diesem ersten Großauftrag in eine erfolgreiche 'seismische' Zukunft starten konnte. Das STS1-Seismometer ist inzwischen als Standard-Seismometer der digitalen Breitbandstationen weltweit im Einsatz. Abb. 5 zeigt einen Blick in eine 3-Komponenten-Station des GRF-Array mit den unter Vakuumglocken installierten STS1-Seismometern (ein vertikales und zwei horizontale). Der Aufbau des kompletten GRF-Array mit 19 Stationen in 13 Meßpunkten konnte im Februar 1980 abgeschlossen werden.

Parallel zum Aufbau des GRF-Array wurde am SZGRF 1976 mit der Entwicklung von Methoden und interaktiven Programmen für die Analyse und die laufende Auswertung von Breitbandseismogrammen begonnen. Zahlreiche Termini und Verfahren, die heute zum Standard der Analyse und Interpretation von Breitbandseismogrammen zählen, sind in dieser Aufbauphase entwickelt worden. Im September 1977 wurde die LRSM-Station abgeschaltet und die laufende Auswertung auf die digitalen Breitbanddaten - zunächst nur des Subarray A - umgestellt. Die kontinuierliche Registrierung und Archivierung sowie die laufende Auswertung mit den digitalen Breitbanddaten haben sich in der Folge als entscheidende Kriterien für die Kontinuität und Qualität der GRF-Daten erwiesen. Die hohe Akzeptanz der GRF-Daten für die seismologische Forschung zeigt sich in der Zahl von 230 Publikationen mit GRF-Daten für den Zeitraum von 1973 bis 1996. Davon wurden 115 Arbeiten von Mitarbeitern des SZGRF, die Mehrzahl in Zusammenarbeit mit Gastwissenschaftlern publiziert. Die Zahlen der analogen (1576) und der digitalen Datenanforderungen (9113) für den Zeitraum 1983 bis 1995 dokumentieren ebenfalls die intensive Nutzung der GRF-Daten für die seismologische Forschung.

Eine langfristige Kontinuität in der Qualität und Verfügbarkeit der Daten ist das wichtigste Gütesiegel für ein Observatorium. Am SZGRF mußte diese Voraussetzung über vier Generationen von Rechnerhardware (HP21MX-DOS, HP1000-RTE, VAX-VMS und SUN-UNIX), Auswerte-

software und Speichermedien (Magnetbänder, optische WORM-Platten und CD-Platten) gewährleistet werden. Als Beispiel sei die Geschichte des GRF-Datenarchivs erwähnt: Die ersten Daten wurden ab 1975 auf Magnetbänder mit 800 bpi gespeichert und archiviert. Als nächster Schritt erfolgte die Umstellung auf komprimierte Daten und eine Schreibdichte von 1600 bpi, verbunden mit einer Umkopie-

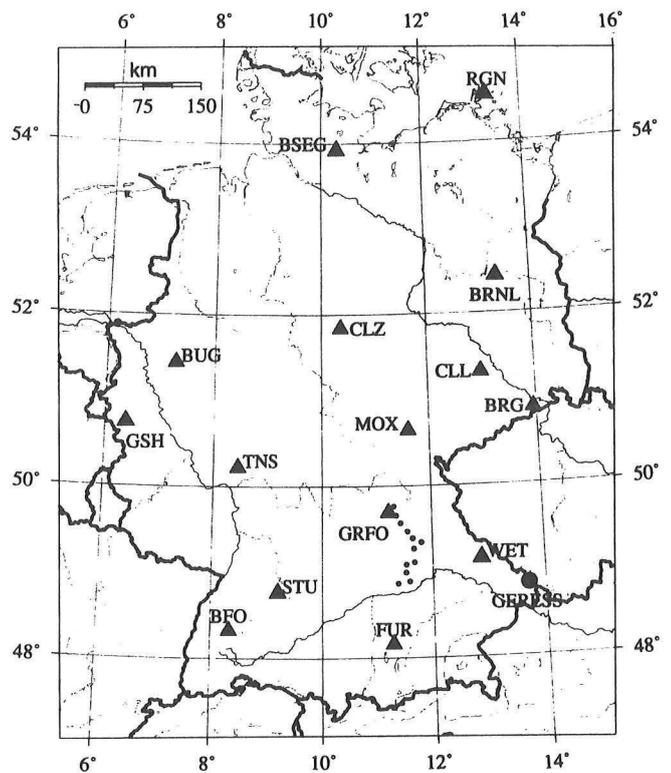


Abb. 6: Karte der GRSN-Stationen (German Regional Seismic Network), des GRF-Breitbandarray und des GERESS-Array.

zung der vorhandenen Bänder. Diese Schritte wiederholten sich bei der Umstellung auf optische WORM-Platten, wobei ein Archiv von 5000 Bändern auf optische Platten umkopiert werden mußte. Mit der Umstellung auf SUN/UNIX-Rechner wurde durch die technische Entwicklung und den weltweiten seismologischen Standard ein erneuter Wechsel auf CD-Platten erforderlich, verbunden mit einem erneuten Umkopieren des gesamten WORM-Archivs auf CDs. Es ist geplant, ab 1998 das komplette CD-Datenarchiv des GRF-Array und der GRSN-Stationen auf Juke-Boxen über INTERNET zum direkten Zugriff anzubieten.

Erweiterung des GRF-Array zum Deutschen Regionalnetz GRSN

Über einen Zeitraum von 10 Jahren hat das GRF-Array den Stand der Technik in der digitalen Breitbandseismometrie bestimmt. Neue technische Entwicklungen (STS2-Seismometer, 24-bit-Datenlogger, Workstation, Datenbanken und internationale Kommunikationsnetze) waren dann ab Mitte der achtziger Jahre erneute Herausforderungen,

den Standard der Breitbandseismometrie in Deutschland diesen Entwicklungen anzupassen. Die Arbeitsgruppe Gräfenberg hat daher 1987 beschlossen, über einen DFG-Sachmittelantrag das GRF-Array durch ein offenes Netz von acht regionalen Breitbandstationen, ausgerüstet mit STS2-Seismometern und 24-bit-Datenloggern, zu erweitern. Dieses Netz der GRSN-Stationen (German Regional Seismic Network) wurde nach der Wiedervereinigung durch vier zusätzliche Stationen in den neuen Bundesländern auf zwölf Stationen erweitert. Diese Stationen werden durch die IRIS-Bohrlochbreitbandstation GRFO (Nachfolgestation der 1978 installierten SRO-Station) und durch eine mit STS1-Seismometern ausgerüstete ultra-langperiodische Station in der GRF-Station Haidhof sowie durch Stationen mit GRSN-Standard in Stuttgart und Grosshau ergänzt (Abb. 6). Die Aufgaben des Datenzentrums der GRSN-Stationen werden vom SZGRF wahrgenommen und umfassen die Datenarchivierung und den internationalen Datenaustausch sowie die laufende teleseismische Auswertung für die Seismizitätsüberwachung. Abb. 7 zeigt als Beispiel für das am SZGRF entwickelte interaktive Aus-

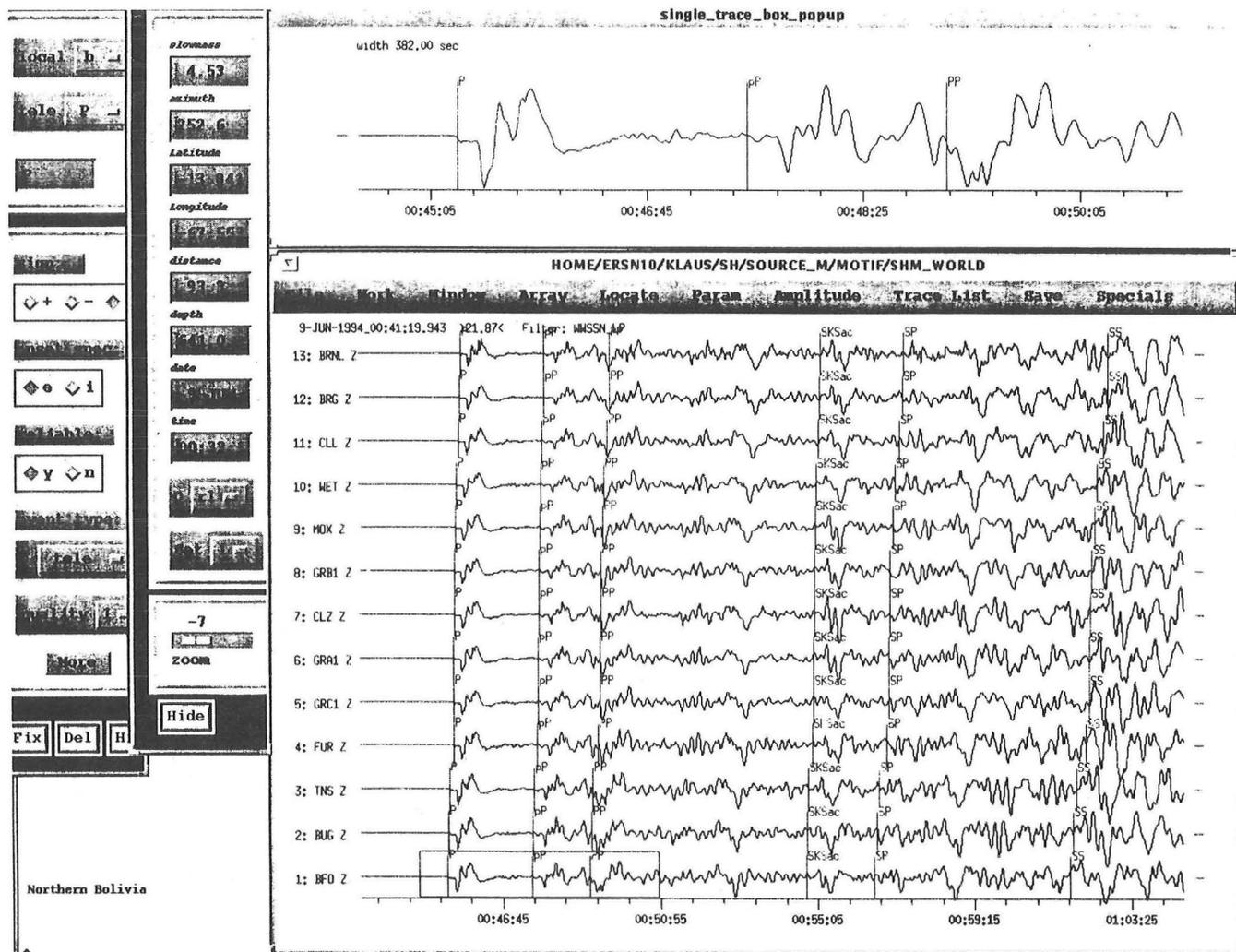


Abb. 7: Breitbandseismogramme für ein simuliertes WWSSN-LP Filter eines Bebens in der Region Nord-Bolivien (Magnitude $m_b=7.0$) für 13 GRF/GRSN-Vertikalstationen, angeordnet nach zunehmender Epizentralentfernung (von unten nach oben). Bildschirmansicht des interaktiven SUN/UNIX-Auswertesystems mit eingeblendeten Phasen und vergrößertem Fenster (oben) für die genaue Cursor-Messung von Einsatzzeiten und Amplituden.

werteprogramm eine Bildschirmkopie der Auswertung eines Bebens in Bolivien mit Stationen des GRF-Array und des Regionalnetzes.

Mit diesen Stationen verfügt die Bundesrepublik über ein Netz von digitalen Breitbandstationen für die Seismizitätsüberwachung und die seismologische Forschung, das im internationalen Vergleich beispielhaft ist. Hervorgegangen ist diese Meßeinrichtung aus der ursprünglichen amerikanischen LRSM-Detektionsstation in einem über 30jährigen Entwicklungsprozeß, in dem unter der Initiative des FKPE die Kräfte der seismologischen Institutionen der Universitäten, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe auf ein gemeinsames Ziel gebündelt wurden.

Literatur

Als Quellen der Geschichte des GRF-Array dienen die Protokolle der Sitzungen des FKPE und der Arbeitsgruppe Gräfenberg sowie die folgenden drei Publikationen der Deutschen Forschungsgemeinschaft:

DENKSCHRIFT "PHYSIK DES ERDKÖRPERS" (1967). - Deutsche Forschungsgemeinschaft, Denkschrift 10/1967: 158 S.; Wiesbaden (Franz Steiner Verlag).

ERDBEBENFORSCHUNG: "10 JAHRE SEISMOLOGISCHES ZENTRAL-OBSERVATORIUM GRÄFENBERG" (1976). - DFG-Forschungsbericht: 56 S.; Boppard (Harald Boldt Verlag KG).

ZEHN JAHRE GRÄFENBERG-ARRAY: SCHRITTMACHER DER BREITBAND-SEISMOLOGIE (1986). - Mitteil. der Senatskomm. für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung: 172 S.; Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft).

Geschichte des Instituts für Geophysik in Göttingen

Manfred Siebert

Für die Geophysik gilt, was auch auf andere Fächer zutrifft, die erst spät selbständig geworden sind: Es gab sie sachlich, lange bevor es sie fachlich gab. So war es auch in Göttingen, wo schon bald nach der im Jahre 1737 erfolgten Gründung der Universität unter den Themen der naturwissenschaftlichen Forschung auch solche waren, die heute der Geophysik zugerechnet werden. Dahin gehören die luftelektrischen Untersuchungen von Georg Christoph Lichtenberg und die erdmagnetischen Arbeiten des Astronomen Tobias Mayer, den man kaum erwähnen kann, ohne hinzuzufügen, daß Gauß ihn als "*Mayer immortalis*" bezeichnet hat.

Vielleicht hat schon dieser bedeutendste Vorgänger von Carl Friedrich Gauß im Amte des Direktors der Sternwarte noch vor Alexander von Humboldt dazu beigetragen, daß das offenbar schon früh vorhandene Interesse von Gauß schließlich zu einer derart grundlegenden wissenschaftlichen Behandlung des Erdmagnetismus geführt hat. Auf jeden Fall beginnt die kontinuierliche Geschichte der Geophysik in Göttingen damit, daß Gauß, 55jährig, sich 1832 erdmagnetischen Problemen zuwendet. Sein Verfahren zur absoluten Bestimmung der Stärke eines Magnetfeldes und seine "Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus" sind nur die herausragenden Ergebnisse einer viel breiteren und sehr intensiven Beschäftigung mit diesem Gebiet. Für unser Thema ist aber noch bedeutsamer, daß durch die magnetischen Messungen und Beobachtungen, an denen ganz wesentlich Wilhelm Weber beteiligt war, der Wunsch nach einem dafür "*schicklichen Lokal*" aufkommt, wie Gauß es nennt, also nach einem erdmagnetischen Observatorium. Es wird schon 1833 gebaut, und "*alles, wozu sonst Eisen verwandt wird, ist von Kupfer*", wie Gauß betont. Aus ihm sollte 65 Jahre später das Göttinger Institut für Geophysik hervorgehen. Zunächst aber war das Observatorium von 1836 bis 1841 der Mittelpunkt des "Göttinger Magnetischen Vereins", zu dem sich insgesamt 53 Observatorien, davon 18 außereuropäische, zusammengefunden hatten,

um an verabredeten Tagen alle 5 Minuten nach Göttinger Zeit die Ausschläge ihrer Magnetometer abzulesen. Die Ergebnisse dieser ersten großen internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geophysik wurden von Gauß und Weber zusammen mit eigenen Abhandlungen und denen anderer Autoren als "Resultate aus den Beobachtungen des Magnetischen Vereins" veröffentlicht. Eine Zusammenstellung der Registrierungen von 16 Observatorien vom 28./29. Aug. 1840 zeigt Abb. 1.

Der Existenz des Observatoriums und Webers Interesse an magnetischen Messungen ist es zu verdanken, daß der Erdmagnetismus auch nach Gauß' Tod 1855 ein Arbeitsgebiet der Göttinger Sternwarte blieb. Bei der Aufteilung der Sternwarte 1867 kam der Erdmagnetismus zusammen mit der theoretischen Astronomie, der Geodäsie und der mathematischen Physik zur Abteilung B, der Ernst Schering vorstand. Schering förderte die erdmagnetischen Untersuchungen durch eigene instrumentelle Entwicklungen; unter seiner Leitung beteiligte sich das Observatorium am Programm des Ersten Internationalen Polarjahres 1882/83. Betrachtet man diese mehr als ein halbes Jahrhundert dauernde erste Phase der Geophysik in Göttingen, so fällt die von Anfang an enge Verknüpfung mit Physik und Mathematik auf, die auch in der nachfolgenden Zeit erhalten geblieben ist.

Bald nach dem Tode Scherings 1897 wurde die erdmagnetische Abteilung von der Sternwarte abgetrennt, zunächst mit dem Ziel, das von Gauß und Weber gegründete Observatorium zu einem Erdmagnetischen Institut zu erweitern. Zu seinem Direktor wurde im Februar 1898 Emil Wiechert ernannt, nachdem er am 28. Jan. 1898 die neugeschaffene, zunächst außerordentliche, ab 1905 ordentliche Professur für Geophysik erhalten hatte. Noch 1898 genehmigte die Königlich Preußische Regierung durch eine Verfügung vom 2. Juli die weitergehende Bezeichnung "Institut für Geophysik". Eine ausführliche Beschreibung des neuen Instituts und seiner Vorgeschichte gibt Wiechert selbst

Deklination: Beobachtungen vom 28. & 29. August 1840.
aus den Resultaten 1840.

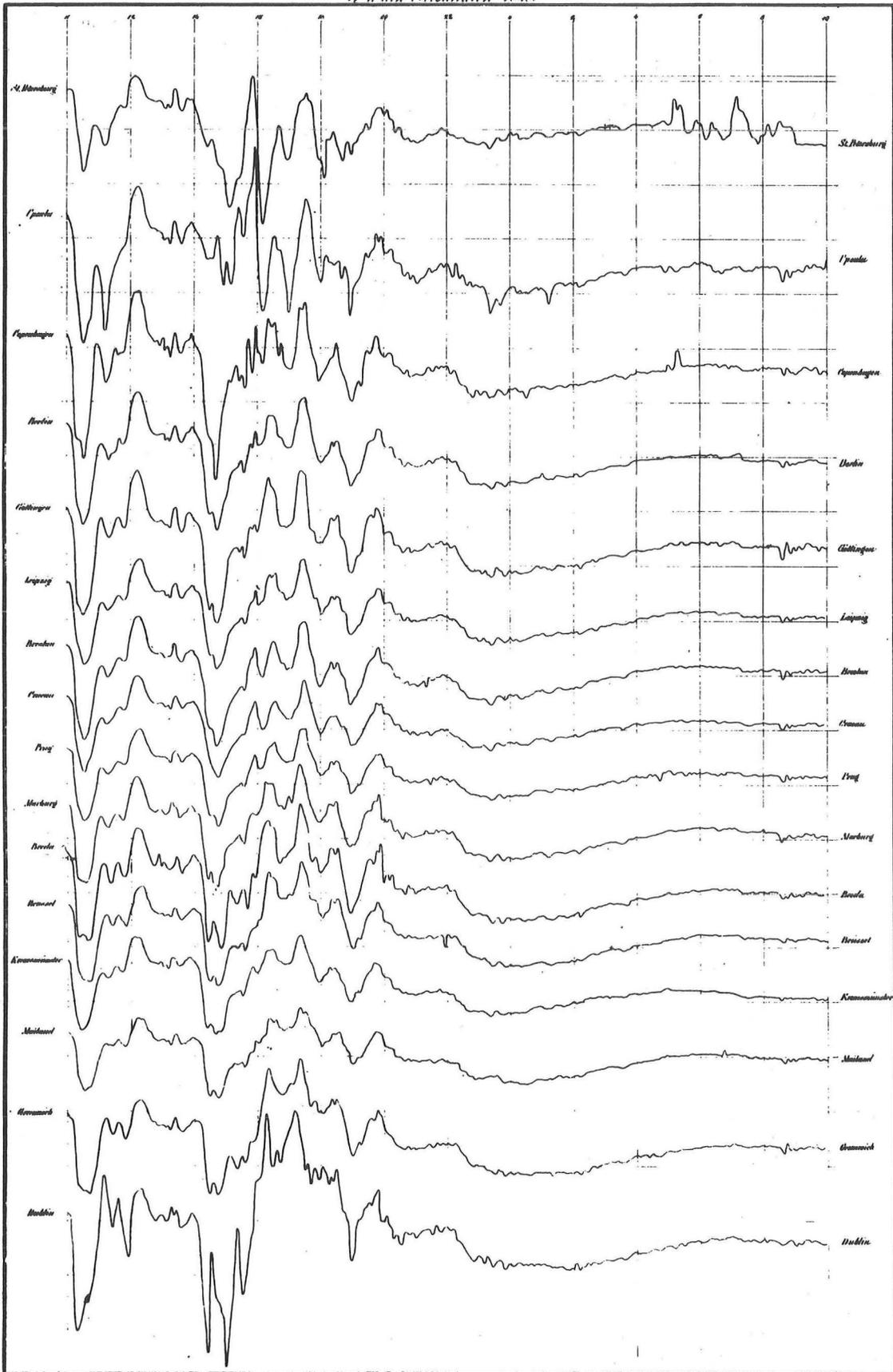


Abb. 1: Registrierungen der zeitlichen Änderung der Deklination durch Terminablesungen im Abstand von 5 Minuten über 24 Stunden am 28./29. Aug. 1840 an 16 europäischen Observatorien nach "Resultate aus den Beobachtungen des Magnetischen Vereins", Band 5, 1841.

(1906). Am Rande sei vermerkt, daß Felix Klein, der in jener Zeit so grundlegend die Entwicklung der Mathematik und Physik in Göttingen gefördert hat, auch an dem Ausbau der Geophysik nicht unbeteiligt war. Äußerer Ausdruck dieses Ausbaues war die Bereitstellung eines 17300 qm großen Gebiets auf dem Hainberg als Institutsgelände, auf dem 1899 mit der Errichtung einer Reihe von Gebäuden und Meßhütten begonnen wurde. Das Hauptgebäude konnte 1901 bezogen werden; 1902 wurde auch Gauß' "Schickliches Lokal" vom Garten der Sternwarte zu seinem jetzigen Standort auf dem Institutsgelände gebracht, wo es als Gauß-Haus noch heute in Benutzung ist (Abb. 2). Damals genügend weit vom bebauten Stadtgebiet entfernt, liegt das Institut heute unmittelbar am Stadtrand.

Emil Wiechert (1861-1928) hatte sich bereits durch grundlegende Arbeiten über elastische Nachwirkung, Kathodenstrahlen und zur Elektrodynamik, die er in Königsberg begonnen hatte und zunächst noch in Göttingen fortsetzte, einen namhaften Ruf als Physiker erworben, bevor dann durch seine Berufung die Geophysik sein eigentliches Arbeitsgebiet wurde. Allerdings hatte er sich auch schon in Königsberg mit der Massenverteilung im Erdinneren und der Frage nach der Existenz eines Erdkerns beschäftigt. Obwohl Wiechert bemüht war, Geophysik in größtmöglicher Breite zu betreiben, war dies an einem Institut, das mit drei Planstellen (Direktor, Assistent, Hauswart) beginnen mußte, nicht zu verwirklichen. Noch in der Bauphase bildete sich die Seismik als Hauptarbeitsgebiet heraus. Diese Tendenz wurde verstärkt, als nach der Fertigstellung des Erdbebenhauses 1902 und der sich anschließenden Aufstellung der Seismographen, deren Entwicklung zum Teil schon in der Sternwarte begonnen hatte, Göttingen im Jahre 1905 auch eine der Hauptstationen im internationalen Netz für Erdbebenforschung wurde. Damit war die spezifische Arbeitsrichtung des Instituts für fast ein halbes Jahrhundert festgelegt.



Abb. 2: Gauß' und Webers erdmagnetisches Observatorium (Gauß-Haus) an seinem jetzigen Standort auf dem Gelände des Instituts für Geophysik.

Dieser Wechsel vom Erdmagnetismus zur Seismik sollte dem neuen Institut schnell Weltgeltung verschaffen. Wiechert gelang die Konstruktion automatisch registrierender Seismographen, deren Wirkungsweise theoretisch durchschaubar war. Mit ihnen wurden erstmalig Seismogramme gewonnen, die einwandfreie Rückschlüsse auf die Bewegungen des Erdbodens zuließen und in denen nicht zuletzt dank einer neuartigen Luftdämpfung die unterschiedlichen Erdbebenwellen identifiziert und analysiert werden konnten. Abb. 3 zeigt einen Blick auf den als Astatisches Pendel bezeichneten Seismographen zur Registrierung der beiden

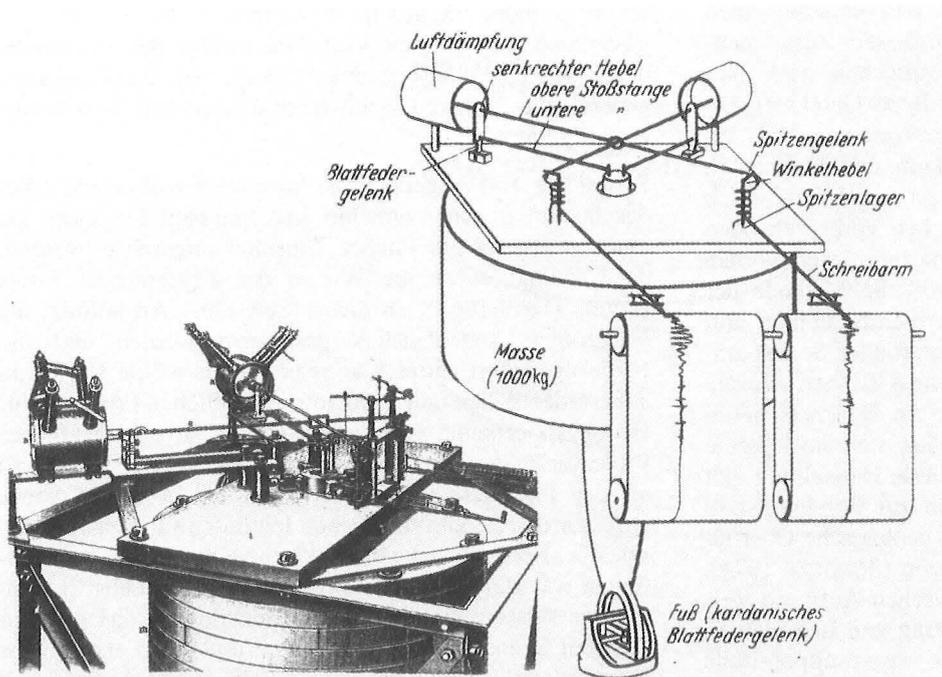


Abb. 3: Blick auf den oberen Teil des Horizontalseismographen von Wiechert (links); schematische Darstellung der Wirkungsweise dieser Apparatur (rechts).

horizontalen Komponenten. Bereits das große San-Francisco-Beben vom 18. April 1906 konnte aufgezeichnet werden und steht gleichsam am Anfang einer nun etwa 90jährigen, fast ununterbrochenen Erdbebenregistrierung mit den Wiechert-Seismographen. Auch an der Lösung der theoretischen Aufgabe, aus den Laufzeiten der Wellen vom Erdbebenherd zu den Stationen ihren Weg durch das Erdinnere und die dabei auftretenden Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zu bestimmen, hat Wiechert mit seinen Mitarbeitern entscheidenden Anteil. Die prinzipielle Lösung dieses sogenannten Inversionsproblems stammt von dem damals in Göttingen lebenden Mathematiker Gustav Herglotz aus dem Jahre 1907 (unabhängig davon auch von Harry Bateman 1910), nachdem er erkannt hatte, daß sich das Problem auf eine Abelsche Integralgleichung zurückführen läßt. Aufbauend auf der Arbeit von Herglotz legte Wiechert 1910 ein für die Anwendung geeignetes Verfahren vor, die Geschwindigkeiten der seismischen Wellen in Abhängigkeit von der Tiefe aus Beobachtungen an der Erdoberfläche zu berechnen. Damit waren die Voraussetzungen für eine detaillierte seismische Erforschung des Erdinneren gegeben.

Begünstigt wurde dieses Unternehmen durch die 1902 erfolgte Gründung eines Geophysikalischen Observatoriums in Apia auf Upolu, einer der Samoainseln, die zum früheren deutschen Schutzgebiet gehörte. Durch diese von dem Göttinger Geographen Hermann Wagner angeregte und mit Tatkraft geförderte Unternehmung besaß das Institut für Geophysik bis über den Ersten Weltkrieg hinaus eine Außenstelle, die mit gleichen Instrumenten ausgerüstet bis auf etwa 40° Unterschied in der geographischen Breite seinem Antipodenpunkt nahe kam. Näheres zur Geschichte des Samoa-Observatoriums findet sich bei ANGENHEISTER (1974). Auf die vielen Einzelergebnisse, die sich nun einstellten und die zu neuen, grundlegenden Einsichten in den Aufbau des Erdkörpers führten, kann hier ebenso wenig eingegangen werden wie auf die einzelnen Mitarbeiter Wiecherts, die an diesen Ergebnissen einen so beträchtlichen Anteil haben, daß in diesem Zusammenhang von einer Göttinger Schule gesprochen wird. Nur zwei von ihnen seien noch genannt: Beno Gutenberg bestimmte 1913 erstmalig den korrekten Wert von 2900 km Tiefe für die Grenze zwischen Erdkern und Erdmantel, nachdem die Existenz dieser Grenzfläche und damit auch die Existenz des Erdkerns bereits bei vorhergehenden Auswertungen von Seismogrammen nachgewiesen worden war. Ludger Mintrop begründete 1908 die Methode der seismischen Erkundung der obersten Erdschichten mit Hilfe künstlicher Erdbeben und transportabler Seismographen. Das 14 Meter hohe Gerüst und die 4 Tonnen schwere Eisenkugel, durch deren Herabfallen die Bodenerschütterungen hervorgerufen wurden, befinden sich noch heute auf dem Institutsgelände. Eine detaillierte Darstellung gibt MEYER (1974). Schon bald ging man zur Sprengseismik über, zunächst nur mit dem Ziel, die geologische Oberflächenkartierung in die Tiefe fortzusetzen (SCHULZE 1974). Heute hat dieses mit enormem technischen Aufwand weiterentwickelte Verfahren zur Auffindung von Lagerstätten die bekannte wirtschaftliche, mitunter sogar weltpolitische Bedeutung gewonnen.

Nach der Seismik war die Lufterlektrizität und mit ihr die Meteorologie das zweitwichtigste Arbeitsgebiet, was auch auf das Samoa-Observatorium zutrifft, an dem darüber hinaus auch erdmagnetische Messungen und Registrierungen vorgenommen wurden. Eine ebenso reizvolle wie fruchtbare Verknüpfung seismischer und atmosphärischer Probleme, früher auch als Luftseismik bezeichnet, stellt die 1923 einsetzende systematische Untersuchung der anomalen Schallausbreitung dar, begünstigt durch die Sprengung von Munitionsdepots nach dem Ersten Weltkrieg. Die Anwendung des Wiechert - Herglotz - Verfahrens auf die Laufzeiten solcher Schallwellen, die ihren Weg von der Quelle zu den Beobachtungsstationen durch die Stratosphäre genommen haben, führte zum Nachweis einer warmen Luftschicht, in der die Temperatur etwa auf Werte wie am Erdboden ansteigt und für deren mittlere Höhe man damals einen um 10 km zu niedrigeren Wert von 40 km fand.

Erfolge dieser Art beruhen fast immer darauf, daß es gelingt, neue Gebiete der Forschung mit neuen Methoden zugänglich zu machen. Als Wiechert 1928 starb, waren auf seinem Arbeitsgebiet viele 'Effekte erster Ordnung' gefunden und im wesentlichen verstanden worden. Eine ausführliche Würdigung findet sich im Nachruf von ANGENHEISTER (1927/28). Die Fülle der Detailfragen, die dabei mitentstanden, liefert noch heute Themen für Untersuchungen. Ihnen widmete sich das Institut auch unter Wiecherts Nachfolger Gustav Angenheister sen. (1878-1945). Er war Schüler und Assistent von Wiechert und von 1911 bis 1921 letzter Leiter des Samoa-Observatoriums, ab 1914 als Direktor. Als Schwerpunkte der Arbeit in den nun folgenden 30er Jahren sind vor allem zu nennen: das Studium der seismischen Oberflächenwellen, die seismische Untersuchung des Untergrunds zu bergbaulichen und bautechnischen Zwecken, die Teilnahme an der geophysikalischen Reichsaufnahme und der Ausbau der meteorologischen Forschung in Zusammenarbeit mit dem Göttinger Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung. Eine schon geplante räumliche Erweiterung des Instituts ist zusammen mit anderen Vorhaben infolge des Ausbruchs des Zweiten Weltkriegs unterblieben, wie die Kriegszeit generell die Tätigkeiten am Institut beeinflusst und beeinträchtigt hat.

So traf der Tod Angenheisters kurz nach Kriegsende 1945 das Institut in einer ohnehin angespannten Situation. Da muß es als ein glücklicher Umstand angesehen werden, daß, bedingt durch die Wirren des Kriegsendes, Julius Bartels (1899-1964), zu dieser Zeit ohne Anstellung, als Nachfolger Angenheisters gewonnen werden und die Nachfolge sofort antreten konnte. Bartels wurde 1946 zum außerordentlichen und 1950 zum ordentlichen Professor für Geophysik ernannt, nachdem er bereits zuvor ordentlicher Professor an der Forstlichen Hochschule in Eberswalde und an der Friedrichs-Wilhelms-Universität in Berlin sowie Direktor des Geophysikalischen Instituts in Potsdam gewesen war. Bei der Rückkehr 1945 an seinen Studienort Göttingen war Bartels bereits ein international höchst renommierter Wissenschaftler, nicht zuletzt durch das gemeinsam mit Sydney Chapman verfaßte und 1940 erschienene Standardwerk "Geomagnetism". Sein Hauptinteresse galt der Anwendung der Mathematik auf geophysikalische

Fragestellungen, insbesondere der Anwendung der Statistik auf meteorologische und erdmagnetische Beobachtungsreihen mit originellen Beiträgen zur statistischen Methodik. Diese wenigen, aber notwendigen Angaben zur Person genügen, um deutlich zu machen, daß mit der Übernahme der Leitung des Instituts durch Julius Bartels für die Schwerpunkte der Institutsarbeit und der Forschung ein Themenwechsel angesagt war. Das zentrale Thema wurde wieder der Erdmagnetismus.

Zunächst aber galt ein erster Großeinsatz des Instituts noch einer Aufgabe, für die es aus seiner Vergangenheit gut vorbereitet war, nämlich der Sprengseismik, und hier speziell der Registrierung der großen Helgoland-Sprengung vom 18. April 1947. Die Auswertung der Registrierungen von 24 transportablen Seismographen und der Seismogramme mehrerer Erdbebenstationen ermöglichte erstmalig den Anschluß der Aussagen der Sprengseismik an die der Erdbebenseismik (SCHULZE 1974). Mit Beginn der 50er Jahre herrschten dann aber die neuen Arbeitsgebiete vor: Gesteinsmagnetismus, Geoelektrik, erdmagnetische Tiefensondierung, atmosphärische und ionosphärische Gezeiten im Zusammenhang mit den ruhigen erdmagnetischen Variationen S_q und L . Die Registrierung der Variationen und Pulsationen des erdmagnetischen Feldes wurde aufgenommen, ab 1957 in einem neuen Haus auf dem Institutsgelände; und im Rahmen des International Service of Geomagnetic Indices begann 1951 der Göttinger Erdmagnetische Kennzifferndienst, über den noch zu sprechen sein wird. Gelegentliche Untersuchungen aus weiteren Gebieten trugen zur Themenvielfalt bei. Thematisch ergab sich eine Zusammenarbeit vor allem mit dem Max-Planck-Institut für Ionosphärenphysik in Lindau am Harz, dem Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg und dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover. Als zentrales Forschungsobjekt erwies sich immer stärker die Norddeutsche Leitfähigkeitsanomalie mit ihren spezifischen Aufgaben für Feldmessungen im Rahmen der erdmagnetischen Tiefensondierung und später auch der Magnetotellurik sowie für Modellrechnungen auf der Grundlage der elektromagnetischen Induktion. Die Beschäftigung mit den zwischen Geophysik und Meteorologie angesiedelten atmosphärischen Gezeiten führte zur Widerlegung der mehr als ein halbes Jahrhundert akzeptierten Erklärung durch die sogenannte Resonanztheorie und zu einer neuen Vorstellung über die thermische Anregung dieser Erscheinung.

In diese Zeit fällt als das herausragende Ereignis das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/58, das sich durch seine Vorbereitungen schon Jahre zuvor angekündigt hatte. Das Göttinger Institut hatte besonders aus zwei Gründen Nutzen aus diesem Unternehmen. Zum einen hatten die neuen Arbeitsgebiete direkte Beziehungen zu den verabredeten Forschungsprogrammen; zum anderen war Bartels einer der Initiatoren dieses Vorhabens und Vorsitzender des entsprechenden deutschen Landesausschusses. Außerdem war er 1956 - zusätzlich zur Leitung des Göttinger Instituts - auch zum Direktor des nach Lindau verlegten Max-Planck-Instituts für Stratosphärenphysik berufen worden, was sich alles in allem für die Arbeitsbedingungen am Institut für Geophysik sehr vorteilhaft auswirkte.

Schließlich gehört in diese Zeit, daß durch die Entdeckung der Magnetosphäre jenseits der Ionosphäre und des ständig von der Sonne abströmenden solaren Windes - beides zunächst noch auf indirektem Wege - für das Verständnis erdmagnetischer Störungen geradezu ein neues Zeitalter begann, nimmt man noch die Möglichkeit direkter extraterrestrischer Messungen hinzu, die sich 1957 mit dem Start des ersten Satelliten Sputnik I eröffnete. Unter diesen Bedingungen und durch die Fortsetzung der internationalen Gemeinschaftsunternehmen war auch ein wesentlicher Teil der Arbeiten am Institut vorgezeichnet. So hatte Bartels wieder maßgeblichen Einfluß auf die Vorbereitung der Internationalen Jahre der ruhigen Sonne 1964/65, an deren Ergebnissen teilzuhaben ihm durch seinen ganz und gar unerwarteten Tod am 6. März 1964 versagt blieb. Mit ihm verlor die Geophysik in Deutschland eine ihrer hervorragendsten und international angesehensten Persönlichkeiten, wie in allen Nachrufen betont wird (CHAPMAN 1964, DIEMINGER 1964, KERTZ 1964).

Die so entstandene, neue Situation blieb nicht ohne nachhaltige Auswirkungen auf das Institut und auf den Verfasser dieses Beitrags. Als dienstältester und zunächst noch nichthabilitierter Assistent wurde ich mit der Leitung des Instituts beauftragt, an dem etwa 20 Doktoranden, Diplomanden und Staatsexamenskandidaten sich bei äußerstem Platzmangel um den Abschluß ihrer Arbeiten sorgten und niemand ahnte, daß die Vakanz diesmal viereinhalb Jahre dauern sollte. In dem Bestreben der Fakultät, einen Bartels-Schüler als Nachfolger zu gewinnen, erging zunächst der Ruf an Walter Kertz in Braunschweig und danach an Gustav Angenheister in München. Beide hatten nur wenige Jahre zuvor ihre Institute übernommen und waren noch voll mit deren Ausbau beschäftigt, eine Aufgabe, die auch in Göttingen anstand. Beide entschieden sich für die Weiterführung des erfolgreich begonnenen Wirkens an ihren Instituten. Ausgelöst durch meine sich anbahnende Wegberufung, kam es schließlich dazu, daß ich 1968 die Nachfolge von Bartels auf dem Lehrstuhl für Geophysik in Göttingen angetreten habe. Die vorangegangenen Berufungsverhandlungen trugen jetzt dazu bei, daß Modernisierung und Ausbau des Instituts zügig erfolgen konnten. So wurde nun endlich neben dem ersten ein zweites Institutsgebäude errichtet, das 1972 bezugsfertig war (Abb. 4). Auch die inzwischen schon angewachsene Zahl von Mitarbeitern auf Planstellen nahm weiter zu und stieg auf über 20, bevor Stellenstreichungen diese Zahl wieder reduzierten.

Sehr wichtig bei der im Jahrzehnt nach dem Internationalen Geophysikalischen Jahr kräftig angestiegenen Zahl der am Institut arbeitenden Studenten war die Bewilligung einer zweiten Professur, 70 Jahre nach Gründung des Instituts. Formal ausgewiesen ist diese Stelle als die eines Professors und Abteilungsvorstehers - heute C3 - mit der Funktion der Leitung einer Abteilung für Erdmagnetismus, wobei aber keine strenge Abgrenzung innerhalb des Instituts vorgenommen wurde. Bereits 1969 konnte die neue Professur mit Jürgen Untiedt besetzt werden, der damit an den Ort seiner Geophysik-Ausbildung zurückkehrte, den er allerdings schon 1970 wieder verließ, um den Lehrstuhl für Geophysik in Münster zu übernehmen. Die Nachfolge in Göttingen wurde nun Ulrich Schmucker angetragen. Er



Abb 4: Blick auf einen Teil des alten Institutsgebäudes im Vordergrund und auf einen Teil des neuen Institutsgebäudes im Hintergrund.

hatte schon die Behandlung der Norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie zu einem Modellfall gemacht (Abb. 5), bevor er dann etwa ein Jahrzehnt lang Leitfähigkeitsanomalien in Nord- und Südamerika nachwies und erforschte und damit wesentlich dazu beitrug, daß die elektromagnetische Tiefenforschung ein international anerkannter, selbständiger Zweig der erdmagnetischen Forschung geworden ist. Mit der 1974 erfolgten Berufung von Schmucker auf die Stelle

des Abteilungsvorstehers wurde das Göttinger Institut zu einem Zentrum dieser Arbeits- und Forschungsrichtung mit vielfältigen Inlands- und Auslandsverbindungen. Geräteentwicklung und ausgedehnte Meßkampagnen, numerische Datenverarbeitung und Modellrechnungen sind Stichpunkte, die zwar Aufgabenbereiche benennen, bei denen aber eine angemessene Darstellung der Ergebnisse an dieser Stelle nicht möglich ist. Erwähnt sei nur noch, daß Schmucker entsprechend seinen vielseitigen Interessen nicht nur Themen aus der erdmagnetischen Tiefensondierung und der Magnetotellurik bearbeiten ließ, sondern von der Analyse von Satellitendaten bis zur Vermessung lokaler Anomalien des Schwerfeldes das Themenangebot des Instituts bereichert hat. Ulrich Schmucker ist 1995 in den Ruhestand versetzt worden. Sein Nachfolger ist Karsten Bahr, bereits einer seiner Schüler.

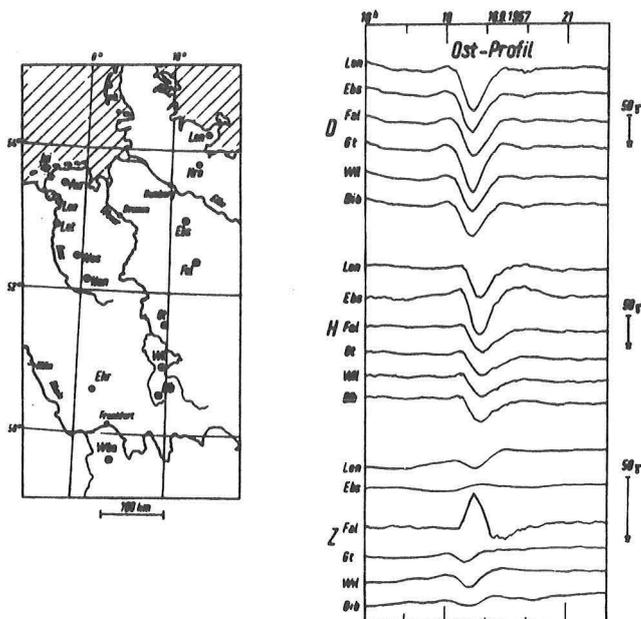


Abb. 5: Registrierung einer isolierten Baystörung auf einem etwa 400 km langen Profil über die Norddeutsche Leitfähigkeitsanomalie mit dem Nachweis eines anomal induzierten inneren Anteils dieser Störung, besonders deutlich am Verlauf der Vertikalkomponente (Z) erkennbar (SCHMUCKER 1959).

Bei meiner Übernahme der Institutsleitung war in der langen Zeit der Vertretung nur an eine Fortsetzung der laufenden Arbeiten zu denken. Der schon angesprochene Beginn der Weltraumforschung hatte dann eine sehr maßgebliche, aber auch selektiv fördernde Auswirkung auf die Institutsarbeit. Einen Schwerpunkt bildete die Beobachtung und Analyse des räumlichen und zeitlichen Verhaltens erdmagnetischer Pulsationen in Mitteleuropa und besonders in Skandinavien, wo regelmäßige Meßkampagnen mit eigens dafür entwickelten transportablen Apparaturen stattfanden. Dieses über mehr als zwei Jahrzehnte andauernde Vorhaben war verbunden mit theoretischen Untersuchungen über Aufbau und Dynamik der Magnetosphäre, insbesondere das Auftreten und die Art hydromagnetischer Wellen. Von den zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsvorhaben, zu denen das Institut seit 1964 Beiträge geleistet hat, über die hier nicht im einzelnen berichtet werden kann, seien nur noch die Beteiligung am Sonderforschungsbereich 48 "Erdkruste" der Göttinger Geologen und die Beteiligung am MAGSAT-Projekt genannt. Auf der Grundlage der Daten des Satelliten MAGSAT, der 1979/80 etwa sieben Monate das Magnet-

feld in Höhe der F2-Schicht vermessen hat, gelang es, durch Konstruktion eines detaillierten Modells der Magnetisierung der Erdkruste im Rahmen der Multipoldarstellung des Erdmagnetfeldes den Krustenanteil vom Hauptfeld zu separieren. MAGSAT-Daten sind auch danach immer wieder dazu benutzt worden, die Beziehung zwischen Magnetfeldern und elektrischen Strömen in der hohen Atmosphäre zu untersuchen.

Ein seit einem halben Jahrhundert alle Wechselfälle überdauerndes Tätigkeitsfeld resultiert aus der Beschäftigung mit der erdmagnetischen Aktivität. Hier vor allem trifft man auf die unverkennbaren Spuren, die Bartels hinterlassen hat. Erinnert sei an die 1932 aus der Interpretation statistischer Ergebnisse geforderte Existenz erdmagnetisch wirksamer, persistenter Gebiete auf der Sonne, der sogenannten M-Regionen, für die es damals keinen Beobachtungsbefund gab und die dann 41 Jahre später von der Raumstation Skylab als äquatornahe koronale Löcher identifiziert wurden. Weit über den Kreis der Fachwissenschaftler hinaus werden mit dem Namen von Bartels jedoch die von ihm eingeführten Maßzahlen zur Erfassung und Charakterisierung der lokalen und globalen erdmagnetischen Aktivität verbunden. Sie dienen der quantitativen Erfassung der Einwirkung der Sonne auf das Magnetfeld der Erde mit der Festlegung auf solche unregelmäßigen Störungen, die von solarer Partikelstrahlung verursacht werden. Die Bedeutung dieser Kennziffern läßt sich u.a. daran ablesen, daß sie auf Empfehlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik in den schon erwähnten International Service of Geomagnetic Indices aufgenommen worden sind und weitgehende Verwendung im Bereich der solar-terrestrischen Beziehungen finden. Für diesen Dienst werden auf der Grundlage der dreistündlichen Kennziffern von 13 international ausgewählten Observatorien die planetarischen Kennziffern K_p , A_p , C_p und weitere am Institut für Geophysik berechnet und seit 1951 allen Interessenten regelmäßig zugänglich gemacht. Einzelheiten, auch solche historischer Art, zum Komplex der Maßzahlen findet man bei SIEBERT (1971). Nach dem Tod von Bartels wurde mir die Fortführung des Göttinger Kennzifferndienstes übertragen. Von 1997 an soll der Dienst vom Observatorium Niemeck des GeoForschungszentrums Potsdam wahrgenommen werden. Als ein einfa-

ches Beispiel für die Aussagefähigkeit der mit dem Jahr 1932 beginnenden Reihen zeigt Abb. 6 den langjährigen Verlauf der mit A_p erfaßten erdmagnetischen Aktivität über sechs Sonnenfleckenzyklen, charakterisiert durch die Fleckenrelativzahl R .

Die Einbeziehung dieser Daten in Forschungsprojekte des Instituts kann hier nicht näher erörtert werden. Es sei aber doch angemerkt, daß der Forschungsschwerpunkt Extraterrestrische Physik seine Auswirkungen bis in die Lehre hatte, wo z.B. seit den 60er Jahren Magnetohydrodynamik und Plasmaphysik zum ohnehin immer schon breit angelegten Vorlesungskanon gehörten. Eine andere Auswirkung war die enge Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Aeronomie, das inzwischen durch Zusammenlegung der Institute für Ionosphärenphysik und Stratosphärenphysik entstanden war. Sie kam besonders jungen Wissenschaftlern zugute, die die Arbeitsbedingungen am Max-Planck-Institut für eine Dissertation am Fachbereich Physik in Göttingen nutzen konnten. Außerdem erhielt das Vorlesungsangebot in Geophysik durch Dozenten dieses Instituts eine über alle Jahre wertvolle Ergänzung, die auch heute noch anhält. Eine ähnliche, wenn auch vom Umfang geringere Kooperation bestand und besteht mit dem Institut für Bioklimatologie des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs der Universität, gab es doch Zeiten, in denen es zu den Aufgaben der Göttinger Geophysiker gehörte, Vorlesungen in Forstmathematik und Forstmeteorologie an der Forstlichen Fakultät in Hannoversch Münden abzuhalten. Die jetzige Zusammenarbeit ermöglicht einerseits Studenten der Physik Diplom- und Doktorarbeiten über Themen aus der Meteorologie, zum anderen ergänzen sich die Institute für Aeronomie, Bioklimatologie und Geophysik bei ihren Lehrveranstaltungen in der Weise, daß Meteorologie als Prüfungsfach gewählt werden kann.

In seiner Darstellung des Instituts von 1906 schreibt Wiechert: *"Immer wieder wird der Geophysiker sich der Geringfügigkeit menschlicher Kraft gegenüber der großartigen Natur bewußt, wenn er sehen muß, welche außerordentlichen Anstrengungen es dem Menschen kostet, auch nur auf ganz einfache Fragen die Antwort zu finden"*. Der Blick auf die (fast) 100jährige Geschichte des Institut läßt erkennen, daß hier an der Beantwortung solcher Fragen auf

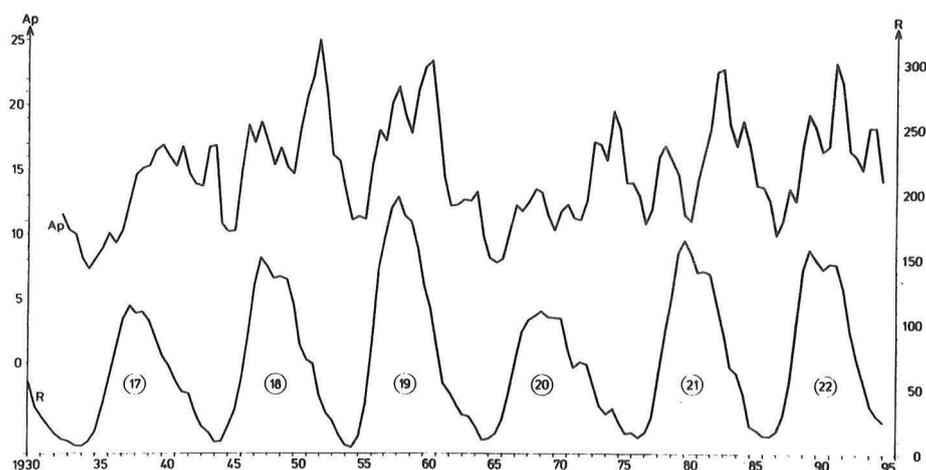


Abb. 6: Verlauf der mit der Maßzahl A_p gemessenen erdmagnetischen Aktivität während der sechs Sonnenfleckenzyklen Nr. 17 bis 22, charakterisiert durch die Fleckenrelativzahl R . Beide Kurven basieren auf sich halb-jährlich überlappenden zwölfmonatlichen Mittelwerten dieser Maßzahlen.

fast allen Teilgebieten der Geophysik gearbeitet worden ist, wenn auch mit unterschiedlicher Wichtigkeit der Fragen zu verschiedenen Zeiten; daß auch Antworten gefunden worden sind, mitunter nur weiterführende, vorläufige Antworten; und daß gelehrt worden ist, Fragen zu stellen und nach Antworten zu suchen.

Nach meiner 1990 erfolgten Emeritierung wurde Ulrich Christensen 1992 auf den Göttinger Lehrstuhl für Geophysik berufen und übernahm damit die seit 1978 mit C4 bezeichnete Professur für Geophysik. Mit seinem Arbeitsgebiet der Geodynamik, wozu z.B. die Erforschung großräumiger Bewegungsvorgänge der Erdkruste und die Berechnung dreidimensionaler Strömungsstrukturen im Erdmantel und Erdkern gehören, stehen er und das Institut wieder unmittelbar in der Tradition Wiecherts. Aber das ist Gegenwart und noch keine Historie.

Literatur

- ANGENHEISTER, G. (1927/28): Emil Wiechert. - Nachr. Ges. Wiss. Göttingen: 53-62.
- ANGENHEISTER, G.G. (1974): Geschichte des Samoa-Observatoriums von 1902 bis 1921. - in Birett, H., Helbig, K., Kertz, W. & Schmucker, U. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik: 43-66; Berlin Heidelberg New York (Springer-Verlag).
- CHAPMAN, S. & BARTELS, J. (1940): Geomagnetism (2 Bände): Oxford (Clarendon Press), Neudrucke 1951 u. 1962.
- CHAPMAN, S. (1964): Julius Bartels, Geomagnetism and International Geophysics. - Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Mathem.-Phys. Kl.: 281-285.
- DIEMINGER, W. (1964): Julius Bartels und die hohe Atmosphäre. - Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Mathem.-Phys. Kl.: 286-299.
- KERTZ, W. (1964): Gesetz und Zufall in der Geophysik, ein Hauptthema im Lebenswerk von Julius Bartels. - Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Mathem.-Phys. Kl.: 300-306.
- MEYER, J. (1974): Künstliche Bodenerschütterungen mit der Mintrop-Kugel. - in Birett, H., Helbig, K., Kertz, W. & Schmucker, U. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik: 67-71; Berlin Heidelberg New York (Springer-Verlag).
- SCHMUCKER, U. (1959): Erdmagnetische Tiefensondierung in Deutschland 1957/59: Magnetogramme und erste Auswertung. - Abhandl. Akad. Wiss. Göttingen, Mathem.-Phys. Kl., Beitr. Internat. Geophys. Jahr, Heft 5: Göttingen (Vandenhoeck & Ruprecht).
- SCHULZE, G.A. (1974): Anfänge der Krustenseismik. - in Birett, H., Helbig, K., Kertz, W., Schmucker, U. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik: 89-98; Berlin Heidelberg New York (Springer-Verlag).
- SIEBERT, M. (1971): Maßzahlen der erdmagnetischen Aktivität. - in Rawer, K. (Hrsg.): Handb. Physik, Vol. 49/3: 206-275; Berlin Heidelberg New York (Springer-Verlag).
- WIECHERT, E. (1906): Das Institut für Geophysik der Universität Göttingen. - Festschrift "Die Physikalischen Institute der Universität Göttingen": 119-188; Leipzig (Verlag B.G. Teubner).
- WIECHERT, E. & GEIGER, L. (1910): Bestimmung des Weges der Erdbebenwellen im Erdinnern. - Phys. Zeitschr.: 294-311.

Geschichte der Wissenschaftlichen Einrichtung "Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik und Geophysikalisches Observatorium" der Universität München

Heinrich C. Soffel & Helmut Vidal

Einführung

Schon der lange Name des Geophysik-Instituts der Universität München besagt, daß seine Geschichte eng verbunden ist mit derjenigen des Observatoriums, dessen Anfänge bis in die 30er Jahre des 19. Jahrhunderts zurückreichen. Geophysik (genauer gesagt die Fachrichtung Erdmagnetismus) gab es damals in München nur an der zur Bayerischen Akademie der Wissenschaften gehörenden Sternwarte in München-Bogenhausen, deren Direktor Johann von Lamont in Personalunion gleichzeitig einen Lehrstuhl für Astronomie an der Universität München innehatte. Erst 1938 wurde das inzwischen von München-Bogenhausen nach Fürstenfeldbruck verlegte Observatorium von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in die Hände der Universität München übergeben und ab 1949 in Personalunion vom Inhaber des neu gegründeten Lehrstuhls für Angewandte Geophysik geleitet. Im Zuge eines Umbaus der Fakultätsstrukturen in Zusammenhang mit dem Erlaß eines neuen Hochschulgesetzes in Bayern wurden im Jahre 1974 Observatorium und Universitätsinstitut zu einer wissenschaftlichen Einrichtung zusammengefaßt.

Die Geschichte der Geophysik in München kann deshalb in drei Teile gegliedert werden. Der erste stellt die Geschichte des Observatoriums ab 1836 dar (ZUM 125JÄHRIGEN BESTEHEN DER OBSERVATORIEN MÜNCHEN-MAISACH-FÜRSTENFELDBRUCK 1966, BEBLO & SOFFEL 1991, BARRACLOUGH et al. 1992). Der nächste Abschnitt von 1948 bis 1957 ist besonders interessant, denn er beschreibt die Gründung des Universitätsinstituts in der turbulenten Zeit kurz vor der Währungsreform und während der danach beginnenden Aufbauphase unter dem ersten Inhaber des Lehrstuhls, Prof. Dr. Hermann Reich (VIDAL 1994). Der dritte Teil schildert den weiteren Ausbau des Instituts, des Observatoriums in Fürstenfeldbruck und des Labors für Gesteins- und Paläomagnetismus in Niederlippach bei Landshut unter Prof. Dr. Gustav Angenheister jun. (1957-1983) und Prof. Dr. Heinrich Soffel (ab 1983). Während der erste und letzte Teil dieses Beitrages aus der Feder des jetzigen Lehrstuhlinhabers stammen, wurde der mittlere Abschnitt von Prof. Dr. H. Vidal, Präsident des Bayerischen Geologischen Landesamtes a.D., verfaßt, einem Zeitzeugen, der in der Gründungsphase des Instituts maßgeblich am Aufbau beteiligt war. An dieser Stelle sei auch den Institutsmitgliedern gedankt, die an der Endfassung dieser kleinen Institutsgeschichte mitwirkten.

Geschichte des Geophysikalischen Observatoriums

Die Geschichte der Geophysik in München beginnt mit Johann von Lamont, der als Direktor der Sternwarte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München-Bogenhausen, angeregt durch seine Kontakte mit

A. v. Humboldt und C.F. Gauß, 1836 mit sporadischen und am 1. Aug. 1840 mit regelmäßigen Beobachtungen des Erdmagnetfeldes begann.

Lamont (Abb.1) wurde als John Lamont am 15. Dez. 1805 in Corriemulzie in Nordschottland geboren. Als sein Vater (ein Forstverwalter des Earl of Five) im Jahre 1816 starb, wurde John als Stipendiat im Schottenstift St. Jakob in Regensburg aufgenommen und erhielt dort eine ausgezeichnete Ausbildung in Mathematik, Physik, Astronomie und Feinmechanik. Im Jahre 1827 kam er an die Sternwarte in Bogenhausen, damals noch ein Vorort Münchens, und wurde 1835 zu ihrem Direktor bestellt. Nach erfolgreichen sporadischen Beobachtungen mit einfachen Geräten auf dem Gelände der Sternwarte ab 1836 erhielt Lamont durch private Zuwendungen aus der Hand des Königs Ludwig I und seines Sohnes, des späteren Königs Maximilian II, die Möglichkeit zum Kauf von Instrumenten und zum Bau eines unterirdischen, vor den täglichen Temperaturschwankungen besser geschützten unmagnetischen Observatoriumsgebäudes aus Holz (Abb. 2). Dort begann er am

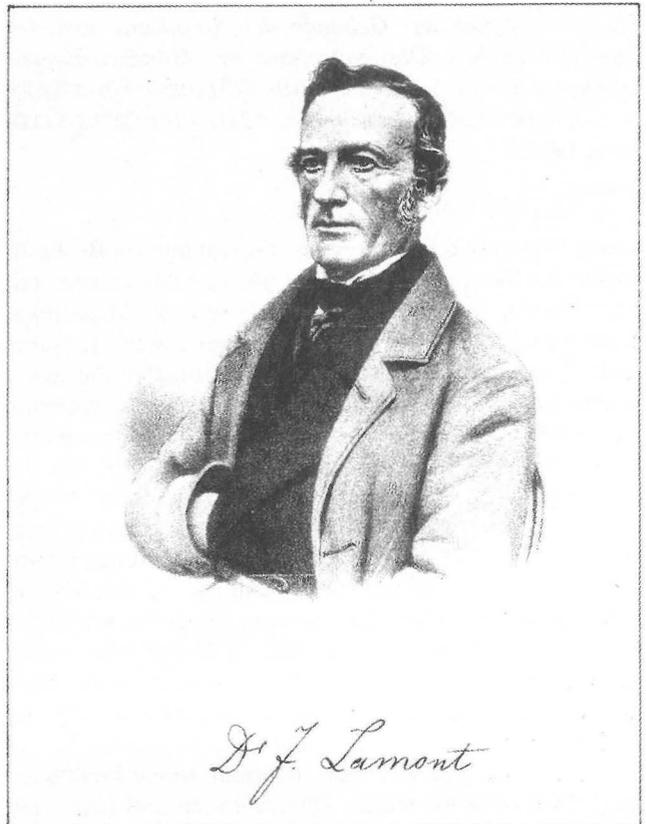


Abb. 1: Johann von Lamont (ZUM 125JÄHRIGEN BESTEHEN DER OBSERVATORIEN MÜNCHEN-MAISACH-FÜRSTENFELDBRUCK 1966).

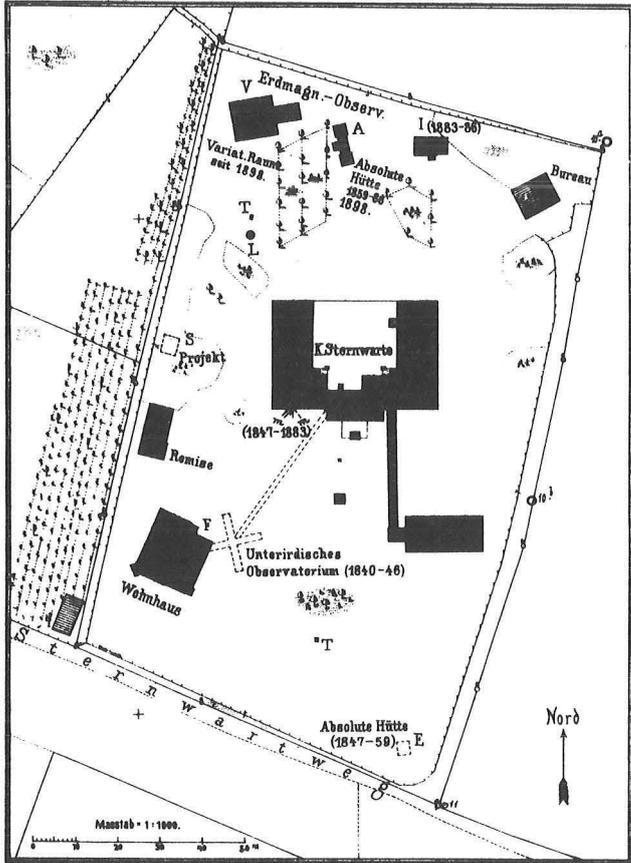


Abb. 2: Lageplan der Gebäude der Sternwarte und des Geophysikalischen Observatoriums in München-Bogenhausen mit den Meßstationen (ZUM 125JÄHRIGEN BESTEHEN DER OBSERVATORIEN MÜNCHEN-MAISACH-FÜRSTENFELD-BRUCK 1966).

1. Aug. 1840 um 6 Uhr morgens mit stündlichen Beobachtungen der Deklination und der Horizontalintensität mit Instrumenten, die von Gauß und seinem Mechaniker Meyerstein in Göttingen gebaut worden waren. Tagsüber wurde stündlich, in der Nacht alle 2 Stunden abgelesen. Lamont nahm drei Frühtermine und einen Abendtermin wahr, seine Gehilfen Leonhardt, Fischer und Ulmer teilten sich die restlichen. Einmal im Monat (an Tagen, die der 1836 gegründete "Göttinger Magnetische Verein" festgelegt hatte) wurde in noch kürzeren Zeitintervallen gemessen. Im Jahre 1841 ersetzte Lamont die Gaußschen Instrumente durch eigene Geräte, die wesentlich kleinere Magnete hatten und auch die Beobachtung höher-frequenter Signale (z.B. der Pulsationen) erlaubten. Einige Jahre später konstruierte er einen magnetischen Theodoliten zur Messung der Deklination, der Horizontalintensität und der Vertikalkomponente. Davon baute er (zum großen Teil in einer improvisierten Werkstatt innerhalb seiner Privatwohnung) 45 Geräte für andere Observatorien und führte mit diesem Instrument ab 1850 die bis dahin erste erdmagnetische Landesvermessung durch, indem er im Königreich Bayern (einschließlich der bayerischen Pfalz) 250 Meßpunkte definierte, die zum Teil auch heute noch für die regelmäßig durchgeführten Landesvermessungen in

Deutschland verwendet werden. Viele Punkte mußten jedoch im Laufe der letzten 150 Jahre auf Grund der Industrialisierung und des Wachstums der Siedlungen aufgegeben und durch andere ersetzt werden. Lamont führte im Anschluß an die Bayerische Landesvermessung auch entsprechende erste Messungen in Nachbarländern wie Frankreich, Holland, Belgien, Spanien, Portugal und schließlich auch Preußen durch. Seine Karten Mitteleuropas mit Isolinen der erdmagnetischen Elemente, reduziert auf das Jahr 1854, gehören zur klassischen Literatur des Erdmagnetismus und waren die ersten ihrer Art. Finanziert wurden diese Messungen durch großzügige, zum Teil sogar private Zuwendungen des Königs Maximilian II.

Bald nach seiner Ernennung zum Direktor der Sternwarte wurde Lamont in die Bayerische Akademie der Wissenschaften aufgenommen und erhielt an der Universität München den Lehrstuhl für Astronomie. Er wurde auch als Johann von Lamont in den Adelsstand erhoben. Es war ihm vergönnt, sich fast bis zum Ende seines Lebens gesundheitlich wohl zu fühlen und beruflich tätig sein zu können. Lamont starb am 6. Aug. 1879 im Alter von 73 Jahren. Sein Grab auf dem Friedhof der St. Georgskirche in München-Bogenhausen ist ganz in der Nähe seiner ehemaligen Arbeitsstätte, der Sternwarte.

Lamont war nicht nur ein hervorragender Praktiker, er schrieb auch zahlreiche Handbücher zum Thema Erdmagnetismus. Auch als Astronom (er bestimmte die Position von über 80 000 Sternen), als Meteorologe sowie als Herausgeber des statistischen Jahrbuchs der Stadt München war er sehr erfolgreich. Doch davon soll hier nicht die Rede sein.

Die Holzkonstruktion des ersten Observatoriumsgebäudes genügte nur wenige Jahre den Bedürfnissen einer Dauermeßstation. Auch Gauß war zunächst der irrigen Meinung gewesen, daß nur wenige Beobachtungsjahre ausreichen würden, um die Phänomene der zeitlichen Variationen des Erdmagnetfeldes voll verstehen zu können. Als jedoch die Beobachtungsreihen der im "Göttinger Magnetischen Verein" zusammengeschlossenen Observatorien eine Fülle nicht interpretierbarer Beobachtungen zeigten, entschied sich Lamont mit Zustimmung der Akademie im Jahre 1846, die anfangs nur für wenige Jahre geplanten Messungen weiterzuführen und erreichte schließlich in mehreren Phasen den Bau eines dauerhafteren Observatoriumsgebäudes mit mehreren unmagnetischen Meßhütten für die verschiedenen erdmagnetischen Elemente.

Die Nachfolger Lamonts waren eher klassische Astronomen und ihr Interesse am Erdmagnetismus war wesentlich geringer. Nach dem Tode Lamonts blieb es bei Routinebeobachtungen durch C. Feldkirchner, und es wurden keine methodischen Weiterentwicklungen mehr vorgenommen. Im Jahre 1896 beschloß die Bayerische Akademie der Wissenschaften, dem Erdmagnetischen Observatorium einen eigenen Status zu geben und von der Sternwarte organisatorisch abzutrennen. F. von Schwarz wurde der erste Observator. Unter seinem Nachfolger J.B. Messerschmitt wurden im Jahre 1905 auch seismische Beobachtungen mit einem Wiechert-Seismometer (träge Masse: 1200 kg) unter der Leitung von C.W. Lutz begonnen.

Während des nächsten Jahrzehnts schritt die Industrialisierung Münchens dynamisch voran und beeinträchtigte die geomagnetischen und seismischen Arbeiten des Observatoriums in zunehmendem Maße. Die Situation verschlechterte sich weiter, als im Jahre 1914 eine elektrifizierte Straßenbahn bis nach Bogenhausen verlegt wurde. Die erdmagnetischen Dauerregistrierungen der Horizontalkomponenten mußten unterbrochen und die Registrierung der anderen Komponenten auf Zeiten geringer Störungen reduziert werden. Unter der Leitung der Observatoren F. Bidlingmaier und F. Burmeister (Erdmagnetismus) und C.W. Lutz (Seismologie) wurden die geophysikalischen Beobachtungen in Bogenhausen zwar fortgesetzt, gleichzeitig hielt man aber Ausschau nach einem anderen Standort für das Observatorium. Zwischen 1927 und 1937 wurde bei Maisach (etwa 25 km westlich von München) ein erdmagnetisches Notobservatorium betrieben. Der Ausbau des Flugplatzes Fürstenfeldbruck machte jedoch eine Dauerlösung an diesem Platz unmöglich. Der jetzige Standort südöstlich von Fürstenfeldbruck wurde 1937 in Betrieb genommen (Abb. 3). Ein Jahr später überführte die Bayerische Akademie der Wissenschaften das Observatorium in die Hände der Universität München.

In Fürstenfeldbruck konnten F. Burmeister und K. Burkhart bis 1957 als Observatoren für den Bereich Erdmagnetismus tätig sein. O. Förtsch wurde im Jahre 1952 Leiter der Abteilung Seismologie, während A. Korschunow ab 1954 für die Erdstrombeobachtungen und Pulsationsregistrierungen und K. Wienert ab 1957 für die Abteilung Erdmagnetismus verantwortlich waren. Wenige Jahre später konnten sie den in den Jahren 1961 bis 1963 errichteten Neubau beziehen. Jetzt werden die Abteilungen Erdmagnetismus und Seismologie von M. Beblo bzw. E. Schmedes geleitet.

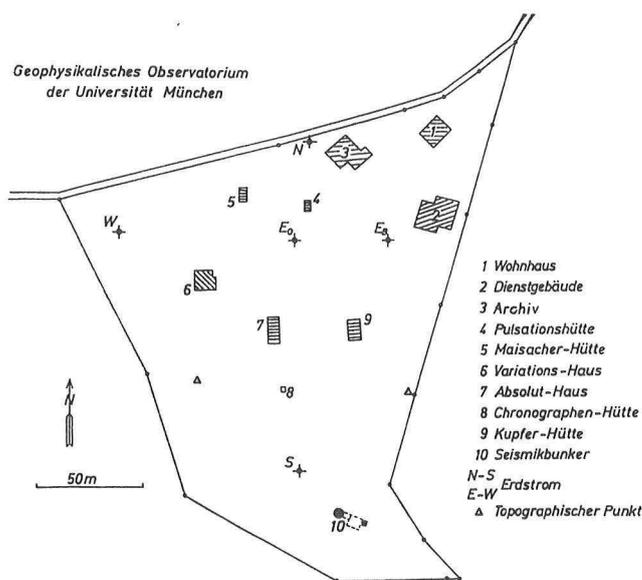


Abb. 3: Lageplan der Gebäude und Meßhütten auf dem Gelände des Observatoriums Fürstenfeldbruck (ZUM 125JÄHRIGEN BESTEHEN DER OBSERVATORIEN MÜNCHEN-MAISACH-FÜRSTENFELDBRUCK 1966).

Gründung des Instituts für Angewandte Geophysik an der Universität München im Jahre 1948 unter Reich

Nach dem Zweiten Weltkrieg war es Prof. Dr. Ing. A. Maucher, Direktor des Instituts für Allgemeine und Angewandte Geologie und Mineralogie und 1948/49 Dekan der naturwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), der mit Weitblick die Gründung des Universitätsinstituts für Geophysik betrieben und mit Erfolg durchgesetzt hat, tatkräftig unterstützt durch Prof. Dr. W. Gerlach, Direktor des Physikalischen Instituts und 1948 bis 1951 Rektor der LMU. Im August 1947 war ein Ruf als Ordinarius an das neugegründete Institut an Prof. Dr. Hermann Reich, Göttingen, ergangen. Er ist dem Ruf gefolgt und am 1. Juni 1948 in den Dienst des Freistaates Bayern getreten. Als Berufungszusagen waren Reich zwei Planstellen für wissenschaftliche Assistenten, eine Planstelle für eine Schreibkraft und Mittel für die Erstaussstattung mit Instrumenten und Mobiliar zugestanden worden. Am 11. Juni 1948 kam Reich nach München, um mit Maucher und dem Verfasser dieses Abschnittes (damals cand. geol. im 4. Semester und von Maucher seinem Kollegen Reich als studentische Hilfskraft empfohlen) die Modalitäten für die Aufnahme des Institutsbetriebs und das Raumprogramm zu besprechen. Die Unterbringung erfolgte, wie auch die der anderen ausgebombten geowissenschaftlichen Institute der LMU, in den leeren Hallen des Bibliotheksbaus des Deutschen Museums. Reich gab sich mit 7 Räumen zufrieden, auf eine Werkstatt hatte er verzichtet. Am 1. Aug. 1948 erfolgte die Anstellung des Verfassers als wissenschaftliche Hilfskraft auf einer geteilten Assistenten-Planstelle und die Beauftragung durch den Dekan, bis zum Semesterbeginn im Spätherbst 1948 für ein arbeitsfähiges Institut und eine Wohnung für Reich zu sorgen. Diese Arbeiten gingen aus zeitbedingten Gründen nur sehr schleppend voran, so daß der Umzug von Reich immer wieder verschoben werden mußte. Reich stornierte deshalb seine Lehrveranstaltungen im Wintersemester 1948/49. Privatdozent E. Hartwig und A. Graf als Lehrbeauftragter begannen jedoch mit Vorlesungen. Am 1. Okt. 1948 nahm O. Förtsch aus Göttingen seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent auf. Am 1. Nov. 1948 wurde auf Vermittlung von Maucher die zweite Hälfte der geteilten Assistentenstelle mit cand. geol. H.-J. Schneider besetzt. Am 3. Nov. 1948 zog Reich von Göttingen nach München um. Im Dezember 1948 waren die Ausbaurbeiten der Institutsräume und deren Möblierung in bescheidenem Umfang beendet. Frau A. Hartfeil wurde Institutssekretärin; ein einigermaßen geordneter Institutsbetrieb war nunmehr möglich. Doch die Freude sollte nicht lange dauern. Noch im Dezember wurde bekannt, daß laut Beschluß des damaligen Bizonalen Wirtschaftsrates, Vorgänger der Bundesregierung, das neugegründete Deutsche Patentamt nach München kommen sollte. Als Dienstsitz waren von der Bayerischen Staatsregierung die Räume im Bibliotheksbau des Deutschen Museums vorgesehen worden. Das bedeutete das Aus für die dort gerade einigermaßen etablierten geowissenschaftlichen Institute der LMU. Ein Unglück kommt aber selten allein. Am 18. Jan. 1949 verunglückte Reich bei einem Verkehrsunfall schwer. Nach



Abb. 4: Ehemaliges Institutsgebäude (1950-1971) in der Richard-Wagner-Straße 10 in München (VIDAL 1994).

allmählicher Besserung des lebensbedrohenden Zustandes wurde Reich im Laufe des Februars in eine Spezialklinik nach Bad Tölz verlegt. Im Hinblick auf die zu erwartende Räumung des Instituts wurde ihm als neue Bleibe am 16. Feb. 1949 das unter Denkmalschutz stehende, 1902 erbaute Gebäude der ehemaligen Akademie für Angewandte Kunst in der Richard-Wagner-Str. 10 zugewiesen (Abb. 4). Maucher betraute den Verfasser mit den Ausbau- und Einrichtungsarbeiten. Hier ließ sich, im Gegensatz zum Bibliotheksbau, ein großzügiges Raumprogramm mit Laborräumen, einer Werkstatt usw. verwirklichen. Am 13. Juli 1949 ordnete das Rektorat der LMU die Räumung des Instituts zum 15. Juli 1949 an. Am 6. Aug. 1949 wurde die Genehmigung der vom Institut beantragten Ausbaumaßnahmen und deren Beginn erteilt. Finanzierungssorgen gab es diesmal nicht, so daß die Arbeiten zügig vorangehen konnten. Das Institut war während der leitungs- und heimatlosen Zeit keineswegs untätig. Die instrumentelle Ausrüstung wurde komplettiert und mit primitiven Mitteln einsatzfähig gemacht, so daß unter Leitung von Förtsch im Sommer/Herbst 1949 bereits erste seismische Messungen durchgeführt werden konnten. Nach der Rückkehr aus Bad Tölz nahm Reich bei noch sehr reduziertem Gesundheitszustand im Wintersemester 1949/50 seine Lehrveranstaltungen auf. Am 7. Jan. 1950 trat Feinmechanikermeister L. Lehner auf einer nachbewilligten Planstelle seinen Dienst an und brachte eine aus privaten Mitteln finanzierte komplett ausgestattete Werkstatt mit. Im März 1950 konnte das Institut sein neues Domizil beziehen und dort, jeglicher Raumprobleme enthoben, uneingeschränkt seine Forschungs- und Lehrtätigkeit entfalten. Im Jahr 1951 avancierten die beiden studentischen Hilfskräfte Schneider und Vidal nach bestandener Geologen-Diplomprüfung zu wissenschaftlichen Hilfskräften. Die Habilitation von Förtsch und seine Ernennung zum Privatdozenten erfolgte am 8. Mai 1952. Vidal schied am 31. März 1953 aus und wech-

selte in die Abteilung "Geophysik" am Amt für Bodenforschung in Hannover. Am 2. Okt. 1953 promovierte Schneider bei Maucher in Geologie, wurde am 1. Feb. 1954 zum wissenschaftlichen Assistenten ernannt und ging am 30. Juni 1954 an das Institut von Maucher. An seine Stelle trat am 1. Juli 1954 A. Korschunow als wissenschaftlicher Assistent. Im Jahre 1957 erfolgte die Emeritierung von Reich und sein Umzug nach Göttingen. Am 21. Mai 1976 ist er in Göttingen verstorben.

Im Vergleich zu heutigen Verhältnissen war die instrumentelle Ausstattung bei der Gründung des Universitätsinstituts sehr bescheiden. Zur Grundausrüstung gehörten: 1 ASKANIA-Gravimeter, 2 Schmidtsche Magnetometer, 1 sechspurige Geophon-Apparatur, 4 transportable mechanisch-optisch arbeitende Kleinseismographen Bauart Angenheister-Schulze-Förtsch mit Registriergeräten, die alle 1949 beschafft worden sind. Eine 150-Watt-Sendeanlage mit Notstromgerät, mehrere Funkempfänger und sonstiges Zubehör konnten aus ausgedienten Gerätebeständen der Wehrmacht und der US-Army beschafft werden. Damit war das Institut zur Übertragung eines Zeitzeichens und des Sprengmomentes bei refraktionsseismischen Messungen von öffentlichen Sendestationen unabhängig. Mehrere Kilometer US-Feldkabel auf leichten Kabeltrommeln komplettierten die Geophonapparatur. 1952 wurde ein Gerät für Eigenpotentialmessungen, 1953 ein Szintillometer-Zählrohrgerät für radiometrische Messungen beschafft. Im Laufe der Jahre wurde die Werkstatt zu einer unentbehrlichen Einrichtung des Instituts.

Die Aktivitäten in der Forschung waren von Beginn an vielfältig. Mit Reich und Förtsch war die angewandte Seismik in Verbindung mit Großsprengungen in Steinbrüchen und Tiefbohrungen wesentlicher Forschungsschwerpunkt des Instituts. Beispielgebend wurde fortgesetzt, was mit den Großsprengungen von Kriegsmunition in der Lü-



Abb. 5: Colonel Fink (US-Army), Prof. Reich und H. Vidal (v.l.n.r) anlässlich der Tiefbohrlochsprengung bei Bad Tölz am 11. Dez. 1954 (VIDAL 1994).

neburger Heide, auf Helgoland und in Haslach von Reich und Förtsch von Göttingen aus begonnen worden war. Von München aus haben derartige Messungen wesentliche Beiträge zur Klärung von Tiefenstrukturen im voralpinen und alpinen Raum sowie im übrigen Bayern geliefert. Das spektakulärste und organisatorisch aufwendigste Experiment dieser Art war die Zündung von 2000 kg Sprengstoff in 600 m Tiefe in einer 2000 m tiefen aufgelassenen Erdölbohrung in Kirchbichl bei Bad Tölz am 11. Dez. 1954. 35 mobile seismische Stationen auf 3 Profilen und mehrere mitteleuropäische Erdbebenwarten haben diese Großsprengung erfolgreich registriert. Die US-Army hat mit einer mobilen Großsendestation zum Gelingen des Experiments beigetragen (Abb. 5). Auch an Planungen und mit eigenen seismischen Stationen war das Institut an großen internationalen Sprengseismik-Projekten beteiligt. Förtsch hatte eine alte Tradition des Göttinger Geophysikalischen Instituts wieder aufgenommen und von 1953 bis 1957 fünf Ostalpenglletscher seismisch vermessen. Unter der Leitung von Förtsch, ab 1954 auch von Korschunow, hat sich das Institut ebenfalls auf dem Gebiet der Ingenieur-Seismik betätigt und bei Staudamm-, Stollen- und Tunnelbauten sowie bei anderen schwierigen Baugrundverhältnissen beraten. Ein weiteres Arbeitsgebiet des Instituts war die Magnetik mit regionalen Vermessungen des Magnetfeldes in Bayern, aber auch zur Klärung geologischer und lagerstättenkundlicher Fragen. Für die gleichen Zwecke dienten Messungen des Eigenpotentials und der Radioaktivität. Auch geothermische Messungen gehörten zum Arbeitsprogramm des Instituts. Reich hat sich persönlich um die geophysikalische Erforschung des Nördlinger Rieses und seiner Genese verdient gemacht.

Ausbau des Instituts und des Observatoriums durch Angenheister und Soffel

Gustav Angenheister (Abb. 6) erhielt im Jahre 1957 den Ruf auf den Lehrstuhl für Angewandte Geophysik. In seinen Berufungsverhandlungen konnte er die personelle und

materielle Ausstattung des Instituts und des Observatoriums wesentlich verbessern und damit die Grundlage für eine stürmische Entwicklung der Geophysik in München schaffen. Dazu gehörte die Zusage für den Bau eines großen Dienstgebäudes auf dem Gelände des Observatoriums, das 1963 bezogen werden konnte. Für die Vorlesungen standen neben G. Angenheister auch E. Hartwig und O. Förtsch zur Verfügung, während die beiden Assistenten G. Helbig und P. Giese vorwiegend die Praktika und Geländeübungen betreuten.

Die 60er Jahre waren geprägt durch einen starken Anstieg der Studentenzahlen und durch eine wesentliche Erweiterung der Aktivitäten des Instituts in Form von Geländemessungen (meist in Zusammenarbeit mit anderen geophysikalischen Instituten) und Laborarbeiten. Bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingeworbene Drittmittel erlaubten auch die Finanzierung zahlreicher Doktoranden- und Hilfskraftstellen. Durch den Bau einfacher und robuster Registriergeräte für die Refraktionsseismik ('Münchner Kiste') konnte die Tradition der Beobachtung von Steinbruchsprengungen in ganz Deutschland erfolgreich weitergeführt und durch Messungen in den Alpen, Norditalien und der Schweiz auch auf die Nachbarländer ausgedehnt werden. Hier engagierte sich ganz besonders P. Giese, während sich G. Helbig bei der Modernisierung des geophysikalischen Praktikums große Verdienste erwarb. Mit Angenheister wurden einige Arbeitsrichtungen neu geschaffen bzw. wesentlich erweitert wie zum Beispiel: Geoelektrik durch Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten Erdmagnetische Tiefensondierung und Magnetotellurik (M. Schuch, K.-P. Sengpiel, A. Berkold); Hochdruck-Petrophysik (F. Rummel, A. Schult); Gesteins- und Paläomagnetismus (N. Petersen, H. Soffel, A. Schult, E. Schmidbauer). Auch die unter Reich begonnenen Untersuchungen im Ries wurden mit verschiedenen Methoden der



G. Angenheister

Abb. 6: Prof. Angenheister bei der Eröffnung der Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Salzburg im Jahre 1969 (BEBLO & SOFFEL 1991).

Geophysik (Magnetik, Seismik, Elektrik, Paläomagnetik) fortgesetzt und trugen wesentlich zur Erkenntnis bei, daß es sich bei dieser Struktur nicht um ein vulkanisches Ereignis, sondern um einen Meteoritenkrater handelt (J. Pohl). Mitte der 60er Jahre wurde mit geophysikalischen Messungen auf Island begonnen, zunächst mit Feldmagnetik und Paläomagnetik (N. Petersen, G. Schönharting, H. Soffel, H. Becker), dann Mitte der 70er Jahre auch mit Magnetotellurik (M. Beblo) und Refraktionsseismik (H. Gebrande).

Im Jahre 1967 erhielt Angenheister einen Ruf an die Universität Göttingen als Nachfolger seines akademischen Lehrers Julius Bartels. Nach langen, sehr erfolgreichen und für die Weiterentwicklung des Instituts entscheidenden Verhandlungen lehnte Angenheister 1968 den Ruf ab. Er erreichte die Zusage für neue Planstellen, eine nennenswerte Anhebung des Institutsetats und auch die Zusicherung eines baldigen Umzugs des Instituts in einen geplanten Neubau in der Theresienstraße, welcher 1971 realisiert werden konnte. Damit waren erhebliche Erstausrüstungsmittel verbunden, und es ergab sich auch eine wesentliche Verbesserung der Raumsituation. Anfang der 70er Jahre setzte sich die Beteiligung des Instituts an seismischen (H. Miller, H. Gebrande) und geoelektrischen (A. Berkold) Großprojekten in Zusammenhang mit Schwerpunktprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft fort. Der Kauf eines eigenen LaCoste-Romberg-Gravimeters erlaubte die Aufnahme von Schweremessungen im ostbayerischen Raum (H. Soffel). Die Meßaktivitäten des Instituts wurden auch auf den Mittelmeerraum (Italien, Sizilien) und den Nahen Osten (Ägypten, Libyen, Iran) ausgedehnt (A. Schult, H. Soffel). Als in den 80er Jahren das DEKORP-Programm mit reflexionsseismischen Profilen quer durch Deutschland begann, beteiligte sich unser Institut (H. Gebrande) insbesondere mit neuartigen Experimenten der Weitwinkelseismik. Die zur gleichen Zeit notwendige Ausstattung der Georg-von-Neumayer-Station in der Antarktis mit Geräten für die Seismik und für Beobachtungen des Erdmagnetfeldes wurde durch H.

Miller und M. Beblo vorgenommen. Der Ausbau der U-Bahn in München und die Zunahme der elektromagnetischen Störungen durch den Straßenverkehr führten Anfang der 80er Jahre zu den von N. Petersen initiierten Verhandlungen mit der Universität über den Bau eines unmagnetischen Gebäudes in magnetisch ruhiger Umgebung für gesteins- und paläomagnetische Untersuchungen. Aus Mitteln der Körperschaft der Universität München und des Freistaates finanziert, konnte 1984 ein großzügig ausgestattetes, für gesteins- und paläomagnetische Messungen ideal konstruiertes Gebäude auf universitätseigenem Gelände in Niederlippach bei Landshut bezogen werden (Abb. 7). Ab Mitte der 80er Jahre nahmen mehrere Gruppen des Instituts (Refraktions- und Weitwinkelseismik, Gravimetrie, Magnetotellurik) an den Vorerkundungen zur Festlegung des Bohrplatzes für die geplante Kontinentale Tiefbohrung KTB teil, und wir waren glücklich, als im Jahre 1985 (zum Teil auch auf Grund der geophysikalischen Voruntersuchungen unseres Instituts) Windischeschenbach in der Oberpfalz als Bohrplatz ausgewählt wurde. Für das Feldlabor von KTB entwickelte und baute unsere Institutswerkstätte (O. Bühler, H. Reichl, M. Thuringer, H. Spitzfaden, A. Hornung) zahlreiche Meßplätze für petrophysikalische Untersuchungen an Bohrkernen und Bohrklein.

Im Jahre 1983 ließ sich G. Angenheister emeritieren. Bis 1985 wurde das Institut kommissarisch durch seinen späteren Nachfolger H. Soffel geleitet, der 1985 den Ruf auf den Lehrstuhl annahm. Unter seiner Leitung und mit Hilfe der Berufungsmittel erfolgte der weitere Ausbau der Arbeitsrichtung Paläo- und Gesteinsmagnetismus, die Verbesserung der Geräteausstattung des Instituts und des Observatoriums. Dazu zählte die Modernisierung des mit dem Institut für Mineralogie und Kristallographie gemeinsam betriebenen Prozeßrechners und die Anschaffung einer eigenen reflexionsseismischen Apparatur. Im Jahre 1988 konnten durch die Berufungen von F. Scherbaum und H. Gebrande die beiden bisher offenen Professorenstellen besetzt werden. Am 11. April 1991 verstarb G. Angenheister in München nach langer Krankheit.

Der gegenwärtige Personalbestand von Universitätsinstitut und Observatorium umfaßt die Professoren H. Soffel, F. Scherbaum, A. Schult und H. Gebrande; die beamteten Wissenschaftler J. Pohl, M. Beblo und E. Schmedes; die Wissenschaftlichen Angestellten N. Petersen, A. Berkold und E. Schmidbauer; die Wissenschaftlichen Assistenten F. Heider und M. Bopp; 6 Technikerstellen, 2,5 Verwaltungsstellen, 3,5 Arbeiterstellen. Im Wintersemester 1995/96 waren 159 Studierende für das Fach Geophysik eingeschrieben (127 im Diplom- und 32 im Promotionsstudiengang). Die wissenschaftliche Einrichtung ist auf vier Standorte verteilt: Institut in München in der Theresienstr. 41, Observatorium Fürstenfeldbruck, Labor in Niederlippach bei Landshut und ein Labor für Gesteinsmagnetik auf dem Forschungsgelände in Garching bei München.

Erwähnt sei schließlich noch, daß Mitarbeiter unseres Instituts die Universität Erlangen und die Technische Universität München seit 1967 bzw. 1978 jeweils mit einer



Abb. 7: Labor für Gesteins- und Paläomagnetismus in Niederlippach bei Landshut.

4stündigen Lehre im Fach Angewandte Geophysik versorgen.

Literatur

ZUM 125JÄHRIGEN BESTEHEN DER OBSERVATORIEN MÜNCHEN-MAISACH-FÜRSTENFELDBRUCK. - (1966): Geophys. Observatorium Fürstenfeldbruck.

BEBLO, M. & SOFFEL, H.C. (1991): 150 Years Earthmagnetic Observatories München-Maisach-Fürstenfeldbruck. - Münchner Universitäts-Schriften, Münchner Geophys. Mitteil. Heft 5.

BARRACLOUGH, D.R., CLARK, T.D.G., COWLEY, S.W.H., GUBBINS, D., HIBBERD, F.H., HIDE, R., KERRIDGE, D.J., LOWES, F.J., MALIN, S.R.C., MURTHY, T., RISHBETH, H., RUNCORN, S.K., SOFFEL, H.C., STEWART, D.N., STUART, W.F., WHALER, K.A., WINCH, D.E. (1992): 150 years of magnetic observatories: recent researches on world data. - *Surveys in Geophys.* **13**: 47-88.

VIDAL, H. (1994): Aus der Gründungszeit des Instituts für Angewandte Geophysik der Ludwig-Maximilians-Universität München 1947 - 1957. - *Münchner Universitätschriften, Münchner Geophys. Mitteil.*: Heft 7; 1-24.

Geschichte des Instituts für Geophysik der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster

Jürgen Untiedt & Hartmut Jödicke

Gründung des Instituts und Anfangsjahre 1959 - 1968

Die Gründung des Instituts für Geophysik der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster mit seinem bis heute bestehenden Arbeitsschwerpunkt Polargeophysik geht auf das Wirken von Bernhard Brockamp (1902 - 1968) zurück. Nach einem Studium der Geologie, Physik und Mathematik wurde Brockamp 1926 Assistent bei Emil Wiechert in Göttingen, wo er 1930 mit einer Arbeit über "Seismische Beobachtungen bei Steinbruchsprengungen" promovierte. Nachdem er mit H. Mothes 1929 bereits die Mächtigkeit des Pasterze-Gletschers in den Alpen seismisch gemessen hatte, widmete er sich zusammen mit K. Wölcken 1931 erfolgreich ähnlichen Messungen in größerem Maßstab auf dem Inlandeis im Rahmen der Deutschen Grönlandexpedition Alfred Wegeners. In dieser Zeit wurde er zum engagierten Polarforscher, dem es allerdings erst nach 26 Jahren erneut vergönnt war, seine ideenreichen Pläne auf diesem Gebiet in die Tat umzusetzen. Mit wissenschaftlichen Ergebnissen der Wegener-Expedition habilitierte sich Brockamp 1936 in Berlin, nachdem er zwischenzeitlich bei N.E. Nörlund in Kopenhagen vor allem seismisch und gravimetrisch gearbeitet und dann als Vizepräsident die faktische Leitung des neugegründeten Reichsamtes für Bodenforschung übernommen hatte. Im Reichsamt ging es vor allem um Erdkrusten- und Lagerstättenforschung in enger Verflechtung von Geologie und Geophysik, eine Verbindung, die Bernhard Brockamp seitdem besonders am Herzen lag.

Im Jahre 1950 holte ihn Franz Lotze (1903 - 1971), der zwei Jahre zuvor den vakanten Lehrstuhl für Geologie und Paläontologie in Münster übernommen hatte, zunächst im Rahmen eines Lehrauftrags für Geophysik an die Westfälische Wilhelms-Universität. Für neun Jahre, ab 1951 als Dozent, war Bernhard Brockamp dann hier am Geologisch-Paläontologischen Institut an der Pferdegasse tätig. 1956 wurde ihm der Titel eines außerplanmäßigen Professors verliehen. Im Jahr 1955 wurde im Institut eine eigene Abteilung für Reine und Angewandte Geophysik unter Brockamps Leitung eingerichtet. Die Erdbebenstation Münster entstand damals im Keller an der Pferdegasse, mitten in der Stadt neben dem Domplatz.

Blättert man die Vorlesungsverzeichnisse aus jenen Jahren durch, so ist es eindrucksvoll zu sehen, welche umfangreiche, vor allem aber welche weitgespannte geophysikalische Vorlesungstätigkeit Bernhard Brockamp im Rahmen der Geologie, aber natürlich auch für Studenten der Physik und anderer benachbarter Fächer entfaltet hat. Die Themen reichen von angewandter Geophysik, geophysikalischer Instrumentenkunde und Seismik über Physik der niederen und hohen Atmosphäre, Polarlichter und Erdmagnetismus, Lufterktrizität, Gletscherkunde, Polargeophysik bis zum Klima der bodennahen Schichten, zur Meteorologie und Physik des Meeres. Kaum ein Thema wurde wiederholt. Anfangs gab es auch eine Beteiligung an geologischen Lehrausflügen. Diese außerordentliche Vielfalt spiegelt die große Breite und Tiefe der wissenschaftlichen Interessen wider, die ein Charakteristikum Bernhard Brockamps waren, geprägt wohl durch seine früheren Tätigkeiten in Göttingen, wo ja ebenfalls sehr vielseitig gearbeitet wurde, in der Polarforschung und dann bis zum Kriegsende im Reichsamt für Bodenforschung.

Ideen und Tatkraft Bernhard Brockamps zielten auf ein eigenes Institut für Reine und Angewandte Geophysik. Dies wurde 1959 gegründet und erhielt Räume in einer der ehemaligen Reiterkasernen an der Steinfurter Straße. Gleichzeitig wurde Brockamp zum planmäßigen a.o. Professor ernannt, sechs Jahre später zum Ordinarius. Die seismische Station wanderte später ebenfalls an die Steinfurter Straße. Ein eigener Diplom-Studiengang Geophysik entstand 1962, wie den Vorlesungsverzeichnissen zu entnehmen ist.

Bereits seit Anfang der 30er Jahre hatte Brockamp immer wieder und seit 1952 in Münster verstärkt an eigenen Expeditionsideen für neue Untersuchungen in Grönland gearbeitet. 1957 konnte er auf amerikanische Einladung im Rahmen einer Thule-Expedition erstmals wieder dorthin reisen. Zur gleichen Zeit wurde er zum wichtigen Mitbegründer der "Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition" (EGIG), deren Initiator und Organisator Paul-Emile Victor in Frankreich war. Während der ersten EGIG-Kampagne 1959 (EGIG I) leitete Brockamp selbst die Gruppe Geophysik in Grönland, wobei die seismischen, magnetischen und gravimetrischen Arbeiten von Münster

aus geplant waren. Wachsende gesundheitliche Schwierigkeiten, die auf die Zeit seiner Kriegsgefangenschaft zurückgingen, hinderten ihn daran, auch während der EGIG II im Jahre 1967 die Leitung der Geophysik in Grönland zu übernehmen. Sie wurde Franz Thyssen, seinem engsten Mitarbeiter, übertragen, der ihn auch in Münster immer häufiger in Lehre, Forschung und Institutsverwaltung vertreten mußte.

Bernhard Brockamp machte Münster über die EGIG-Aktivitäten hinaus in vielfältiger Weise zum Zentrum bundesdeutscher Polarforschung. Insbesondere wurde das 1926 von Max Grotewahl in Kiel begründete "Deutsche Archiv für Polarforschung" nach dessen Tod 1958 von der Westfälischen Wilhelms-Universität erworben, so daß im Institut für Reine und Angewandte Geophysik Bestand und weitere Funktion (u.a. weltweiter Austausch von Polarzeitschriften) dieser umfangreichen Sammlung von Polar-material und -literatur gesichert waren. Brockamp wandelte die vormalige "Vereinigung zur Förderung des Archivs für Polarforschung e.V." nach ihrer Umbenennung in "Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V." (DGP) in eine wissenschaftliche Gesellschaft um, wobei es ihm gelang, die namhaftesten und erfahrensten deutschen Polarforscher zur Mitarbeit, nicht zuletzt im wissenschaftlichen Beirat, zu gewinnen. Große Resonanz erfuhren auch die im wesentlichen von Brockamp im Namen der DGP gestalteten Internationalen Polartagungen. An der Tagung in Stuttgart 1967 nahmen über 200 Polarwissenschaftler aus 14 Nationen teil. 1961 und - kurz nach Brockamps Tod - 1969 fanden diese Tagungen in Münster statt. 1968 wurde die Verbindung zwischen Münster und der DGP dadurch abermals intensiviert, daß Heinz Kohlen, damals Assistent am Institut, die Geschäftsführung der Gesellschaft übernahm und bis 1980 innehatte.

Brockamps großer Wunsch war schließlich auch eine deutsche Beteiligung an der internationalen Antarktis-Forschung, die seit dem Internationalen Geophysikalischen Jahr eine wachsende Rolle in der Polarforschung spielte. 1967 konnte er noch trotz inzwischen sehr angegriffener Gesundheit mit Unterstützung der amerikanischen National Science Foundation als Beobachter in die Antarktis fahren, um Kontakte und Erfahrungen für spätere Expeditionstätigkeiten dort zu gewinnen.

Obwohl die Polarforschung in Münster in den 60er Jahren den überragenden und in der deutsche Universitätslandschaft einzigartigen Schwerpunkt der wissenschaftlichen Institutsaktivitäten bildete, kam die weitere Geophysik nicht zu kurz. In der Krustenforschung setzten Brockamp und Thyssen ein breites Spektrum von Methoden auf eine intensive Untersuchung des etwa 60 km nördlich von Münster gelegenen Intrusivkörpers von Bramsche und seiner Anomalien ein, nicht zuletzt in enger Zusammenarbeit mit M. und R. Teichmüller vom Geologischen Landesamt in Krefeld. Seit seiner seismischen Beschäftigung mit Steinbruchsprengungen in Göttingen, seinen Bemühungen um die PRAKLA bei deren Gründung 1937 und seiner Zeit als Vizepräsident des Reichsamtes lag die angewandte Geophysik, auf die ja auch im Institutsnamen ausdrücklich hingewiesen wurde, Bernhard Brockamp neben der Polarforschung immer besonders am Herzen. Für die Weite und

Originalität seiner Ideen und Aktivitäten spricht abermals, daß er sich in seinen letzten Jahren intensiv um die Messung der Verdunstung über freien Wasserflächen bemühte, eine Arbeitsrichtung, die später von seinem Doktoranden Julius Werner (heute Professor im Münsteraner Institut für Landschaftsökologie) mit Erfolg weitergeführt wurde.

In diesem Zusammenhang bemühte sich Brockamp auch, die Meteorologie in Münster zu etablieren. Es gelang ihm 1965, Hans-Walter Georgii als Wissenschaftlichen Rat und Professor zu gewinnen, jedoch folgte dieser bereits nach einem Jahr einem Ruf zurück nach Frankfurt, woraufhin die Stelle nicht wieder besetzt wurde. Eine Bereicherung erfuhr das wissenschaftliche Institutsleben auch durch Friedrich Errulat (1889 - 1969), der vormals als apl. Professor in Königsberg und später als Leiter des Referats "Erdmagnetismus" an der Deutschen Seewarte bzw. am 1946 neu gegründeten Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg gewirkt hatte. Er ließ sich 1960 im nahen Dorf Nienberge nieder und hielt Vorlesungen über Erdmagnetismus. Von 1962 bis 1968 las Heinrich Baule, damals Leiter des Instituts für Geophysik, Schwingungs- und Schalltechnik der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum, als Lehrbeauftragter regelmäßig über "Praktische Seismometrie". Als Gastwissenschaftler seien Fritz Loewe und Adrian Scheidegger erwähnt, die im Wintersemester 1965/66 über "Klima und Glaziologie des Inlandeises" bzw. "Geodynamik" lasen.

Um die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft hat sich Bernhard Brockamp in seiner Münsteraner Zeit vor allem dadurch Verdienste erworben, daß er die Schriftleitung der Zeitschrift für Geophysik nach deren Wiederausgehen 1954 bis 1960 innehatte. Für das Wiederausgehen der Zeitschrift nach dem Krieg hatte sich F. Errulat besonders eingesetzt. Herausgebertätigkeiten, die ja ein Institut unter Umständen deutlich mit belasten - nicht zuletzt auch die Sekretärinnen, damals Elisabeth Rogge -, haben in der Geophysik in Münster auch später eine große Rolle gespielt. Von den beiden Autoren dieses Beitrags war Jürgen Untiedt von 1968 bis 1986 einer der Hauptherausgeber der "Zeitschrift für Geophysik", später "Journal of Geophysics", und Hartmut Jödicke von 1991 bis 1995 verantwortlicher Redakteur der neugestalteten "Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft".

Umbruchphase 1968 - 1971

Nach dem Tod von Bernhard Brockamp im Dezember 1968 folgten eine etwa dreijährige Umbruchphase und der Beginn einer Neuorientierung. Zunächst stand die Fakultät vor der Frage, ob und wie die Polarforschung in Münster als einmalige geophysikalische Spezialität in der deutschen Universitätslandschaft und wissenschaftliches Haupterbe Brockamps wirkungsvoll weitergeführt werden könne. Immerhin hatte zum Beispiel K. Weiken in seinem Nachruf in der Zeitschrift "Polarforschung" schreiben können: *"Das Institut für Reine und Angewandte Geophysik der Universität Münster ist unter Professor Brockamps Leitung in Wirklichkeit zugleich das Deutsche Polarinstitut geworden."* In einer Zeit, in der Polarforschung in der Bundesrepublik zwar als interessantes Forschungsgebiet mit besonderer Resonanz in der Öffentlichkeit galt, aber doch - im

Vergleich zu heute - auf kleiner Flamme gehalten wurde, konnte sich die Fakultät jedoch nicht entschließen, durch Berufung eines Polargeophysikers auf die vakante Professorenstelle in Münster nun alles auf die Karte Polarforschung zu setzen. So wurde mit Jürgen Untiedt (geb. 1930) ein Erdmagnetiker aus Göttingen zum 1. April 1970 nach Münster berufen. Zusammen mit dieser Entscheidung, einen Nichtpolarforscher zu holen und damit das vorhandene Spektrum der Arbeitsgebiete innerhalb des Instituts zu erweitern, wurde von der Fakultät empfohlen, im Institut eine eigene Abteilung zur Fortführung der Polarforschung unter Leitung von Franz Thyssen (geb. 1932) einzurichten. Er war nach Brockamps Tod in der Bundesrepublik der erfahrenste und am vielseitigsten arbeitende Polargeophysiker, der sich 1969 mit einer Arbeit über seine Ergebnisse aus den geophysikalischen EGIG II-Untersuchungen habilitiert hatte.

Die Einrichtung dieser "Abteilung für Geophysik der Polargebiete und angewandte Geophysik" erfolgte zunächst inoffiziell, ab 1973 auch offiziell. Sie entsprach der sinnvollen und beiderseitig fruchtbaren methodischen Verflechtung von Polargeophysik und angewandter Geophysik, die, wie schon von Brockamp, in der Folgezeit von F. Thyssen in besonderem Maße gepflegt und betont wurde. Für den Leiter der Abteilung wurde ab 1971 eine Professorenstelle (nach H3, später C3) geschaffen. 1973 wurde der Name des Instituts zu "Institut für Geophysik" vereinfacht.

Eine weitere sehr schwerwiegende Entscheidung mußte vom Institut und Fach Geophysik ebenfalls noch im Jahr 1970 getroffen werden. Zum Wintersemester 1970/71 trat die neue Universitätsverfassung in Kraft, die unter anderem die weitgehende Auflösung der alten Fakultäten und die Neueinteilung in Fachbereiche vorschrieb. Dabei hatte die Geophysik zwischen den Fachbereichen Physik und Geowissenschaften zu wählen. Sollte sie mehr an ihre methodischen Wurzeln oder an die wachsenden Gemeinsamkeiten in der erdwissenschaftlichen Forschung denken? Was lag eher im Interesse der Studenten, auch im Hinblick auf die Wahrung einer gewissen Vielfalt der geophysikalischen Ausbildung zwischen den verschiedenen deutschen Universitäten? Nach reiflichen Überlegungen und vielen Gesprächen entschied sich das Institut für die Mitgliedschaft im neuen Fachbereich Physik, während gleichzeitig die Mineralogie/Kristallographie sich dem Fachbereich Chemie anschloß und die Geologie/Paläontologie mit der Geographie den Fachbereich Geowissenschaften bildete. Die negativen Folgen dieser organisatorischen Trennung der Fächer Geophysik, Geologie/Paläontologie und Mineralogie/Kristallographie wurden dadurch erheblich gemindert, daß diese drei Fächer 1971 gemeinsam einen Neubau beziehen und so zumindest eine enge Hausgemeinschaft mit vielfältigen dauernden Kontakten und gegenseitigen Hilfen bilden konnten.

Im Rückblick nach 25 Jahren haben sich die Mitgliedschaft und direkte Mitarbeit im Fachbereich Physik aus Sicht der Geophysik sehr bewährt. Am wichtigsten waren dabei wohl die weitgehende Überlappung und Verzahnung der Prüfungs- und Studienordnungen Physik und Geophysik, in der Praxis organisiert durch ein gemeinsames, sehr effektives Prüfungssekretariat. In der Prüfungsordnung Physik

steht die Geophysik gleichberechtigt neben anderen Spezialfächern der Physik wie Kernphysik oder Metallforschung als Wahlfach für die mündliche Diplomhauptprüfung und, noch wichtiger, als eines der Fächer, in denen Studentinnen und Studenten der Physik ihre physikalische Diplomarbeit anfertigen können. Dies alles hat zum einen dazu geführt, daß immer ein kleinerer oder größerer Teil der Diplomanden - zeitweise der überwiegende - im Institut Physiker waren, was einen besonderen Spielraum für die Breite der Themen ermöglichte. Zum anderen war es so für die Studenten besonders problemlos, bis unmittelbar nach der Vordiplomprüfung zwischen den Studiengängen Physik und Geophysik zu wechseln. Von dieser Möglichkeit wurde reichlich Gebrauch gemacht, sie erleichterte vor allem die Situation derjenigen Studentinnen und Studenten, die zu Beginn ihres Studiums noch zwischen beiden Fächern schwankten.

Entwicklungen in der jüngeren Institutsgeschichte 1971 - 1995

Der bereits erwähnte Umzug 1971 in den Neubau am damaligen Gievenbecker Weg (heutige Adresse: Corrensstraße 24) im naturwissenschaftlichen Zentrum der Universität im Westen der Stadt war - abgesehen von der räumlichen Zusammenführung der drei besonders verwandten Geofächer - vor allem für die Geophysik ein großer Gewinn. Während Geologie und Mineralogie jeweils ein schönes, zweckmäßiges, eigenes Gebäude im bzw. nahe dem Zentrum der Stadt aufgaben, hatte es der Geophysik an der Steinfurter Straße an gut installierten Labor- und Werkstatträumen und schließlich einfach auch an Platz für die wachsende Zahl von Mitarbeitern und Studenten gefehlt. Der Neubau wurde aus Fertigteilen als 'Allgemeines Verfügungszentrum' errichtet und war vor allem insofern nicht ideal, als bei Planung und Einbau von Installationen und Laboreinrichtungen viele Kompromisse geschlossen werden mußten und im Gebäude selbst keine Seminarräume oder gar Hörsäle unterzubringen waren. Hier brachte erst der in unmittelbarer Nachbarschaft errichtete Physik-Neubau, in dem das Institut auch noch einige Laborräume erhielt, nach einigen Jahren Entlastung. Immerhin waren Planungs- und Bauzeit extrem kurz, und alle Räume waren jetzt gleichmäßig hell und freundlich.

Bei den Planungen für Raumaufteilung und Installationen im neuen Institut wie auch beim Umzug zeigte Manfred Degutsch, damals noch Doktorand, erstmals seine besonderen organisatorischen Fähigkeiten. Ihm konnte schließlich im Laufe der nächsten Jahre die Gesamtadministration des Institutes anvertraut werden. Diese Tätigkeit, die er neben der Teilnahme an Forschung und Lehre mit großem Engagement und großer Kompetenz bei besonderer allseitiger Wertschätzung im Institut, in den Nachbarinstituten und in der Universitätsverwaltung ausübte, später unterstützt von Hartmut Jödicke, war für die Leistungsfähigkeit des Instituts mit seinem relativ kleinen Stamm an permanenten Wissenschaftlern in den letzten 20 Jahren von entscheidender Bedeutung. Eine ähnlich wichtige Rolle für die Entwicklung der nach 1971 stark ausgeweiteten experimentellen Forschung im Institut spielten die institutseigenen Werkstätten für Mechanik und Elektronik unter ihren langjährigen Leitern Helmut Dornseif bzw. Werner Wil-

ting. Das Institutssekretariat übernahm als Nachfolgerin von Elisabeth Rogge im Jahre 1989 Carola Baumeister, die Institutsbibliothek mit dem Archiv für Polarforschung wird seit 1974 von Charlotte Hauck betreut.

Für die Erdbebenstation Münster werden seit 1978 als Aufnehmer S13-Geophone und B4-Wegaufnehmer verwendet, die in einem Heizungsschacht in Institutsnähe aufgestellt sind. Seit 1978 betreibt das Institut auch einen vom damaligen Deutschen Hydrographischen Institut als Leihgabe zur Verfügung gestellten erdmagnetischen ASKANIA-Variographen auf der sogenannten 'phänologischen Wiese' seitlich der Steinfurter Straße außerhalb der Stadt. Für diesen begrenzten seismischen und magnetischen Observatoriumsbetrieb sorgt von Beginn an Robert Giesbert als Techniker.

Eine weitere 'heiße Phase' erlebte das Institut etwa in den Jahren 1978 bis 1982 im Zusammenhang mit dem Beitritt der Bundesrepublik Deutschland zum Antarktisvertrag und der Gründung des Alfred-Wegener-Institutes für Polarforschung. Die notwendigen wissenschaftlichen und logistischen nationalen Planungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft koordiniert, vor allem durch ihren damals ins Leben gerufenen SCAR-Landesausschuß (SCAR: Scientific Committee on Antarctic Research). Heinz Kohnen von unserem Institut wurde zum Sekretär des Landesausschusses berufen. Er hatte sich in den Jahren zuvor als Polargeophysiker vor allem mit der Antarktis beschäftigt und im Rahmen US-amerikanischer Expeditionen mehrfach dort gearbeitet. Als einer der damals sehr wenigen westdeutschen Antarktisspezialisten war er auch in der Öffentlichkeit stark gefragt. Dadurch, daß außer F. Thyssen auch J. Untiedt als Mitglied berufen wurde, war das Münsteraner Institut besonders stark im ersten und für die Folgezeit weichenstellenden SCAR-Landesausschuß vertreten. Zu den wichtigsten Empfehlungen und Memoranden, die der Landesausschuß für den Bundesforschungsminister unter wesentlicher Münsteraner Mitwirkung erarbeitete, gehörten diejenigen zur BRD-Antarktisstation in der Atka-Bucht (70°36' südl. Breite, 8°22' westl. Länge), zur Notwendigkeit und Struktur eines nationalen Polarinstituts sowie zum Polarforschungsschiff.

Nachdem die Bundesregierung die Gründung eines Polarinstitutes nach anfänglichem Zögern beschlossen hatte, gab es ein scharfes Rennen um den Standort. Neben Bremen/Bremerhaven, Hamburg und Kiel wurde als vierte Alternative, unter anderem auf Empfehlung des FKPE (Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V.), auch Münster im Hinblick auf seine besondere Polartradition vorgeschlagen und von der nordrhein-westfälischen Landesregierung in Düsseldorf vertreten, u.a. mit dem Hinweis, daß auch in anderen Ländern renommierte Polarinstitute zum Teil nicht an der Küste liegen (zum Beispiel in Großbritannien und Frankreich). Der Wissenschaftsrat hatte im Sommer 1979 nach eigener Begutachtung die Errichtung eines Polarinstituts empfohlen und dabei unter anderem festgestellt, daß alle vier vorgeschlagenen Standorte in Betracht kämen. Er fügte allerdings hinzu, daß unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten Kiel der Vorzug zu geben sei. Schließlich wurde die Standortfrage politisch zugunsten von Bremerhaven entschieden.

Nach Gründung des Alfred-Wegener-Institutes für Polar- und Meeresforschung (AWI) ging H. Kohnen, der bereits von Münster aus wichtige Logistikaufgaben der neuen deutschen Antarktisforschung übernommen hatte, 1982 nach Bremerhaven, um dort die Abteilung Logistik aufzubauen und zu leiten. Sein Nachfolger in Münster wurde zunächst Hermann Engelhardt, ab 1987 dann Norbert Blindow. Da der Aufbau des AWI einige Zeit erforderte, mußte das Münsteraner Institut noch für eine gewisse Zeit Hilfestellung auch bei logistischen Problemen leisten. Von F. Thyssen und seinen Mitarbeitern wurden in dieser Zeit vor allem die deutschen Forschungsflugzeuge für das AWI geplant und instrumentell ausgerüstet.

Die gewachsene Inanspruchnahme durch die Polar- und insbesondere die Antarktisforschung mit fast alljährlicher Münsteraner Expeditionsteilnahme führte auch zu einem entsprechenden maßvollen Ausbau des Instituts. So wurden seitens der Universität und der Landesregierung zwei Stellen für wissenschaftliche Mitarbeiter zusätzlich zu den zwei vorhandenen bewilligt, und anstelle der "Abteilung für Geophysik der Polargebiete und angewandte Geophysik" wurde die "Forschungsstelle für physikalische Glazialogie" unter Leitung von F. Thyssen eingerichtet, verbunden mit der Umwandlung der C3-Stelle des Leiters in eine C4-Stelle.

Etwa gleichzeitig mit dem Entstehen einer neuen deutschen Polarforschung, die sich ab Mitte der 80er Jahre auch verstärkt der Arktis zuwandte, gab es in Münster wachsende Bemühungen, auf dem Gebiet der Mond- und Planetenforschung aktiv zu werden. Sie begannen mit der Berufung von D. Stöffler aus Tübingen an das Institut für Mineralogie und führten über eine DFG-Forschergruppe "Erde-Mond-System als Modell binärer Planetensysteme", an der sich Mineralogie, Geologie und Astronomie beteiligten, schließlich zur Gründung eines Instituts für Planetologie im Jahre 1986 im Fachbereich Geowissenschaften. An dieses Institut wurde als Geophysiker Tilman Spohn aus Frankfurt berufen. Von Beginn an bestanden enge Beziehungen zwischen unserem Institut und T. Spohn, bei dem zu arbeiten vor allem für Diplomanden und Doktoranden aus der Geophysik attraktiv war (und nach wie vor ist). Das Institut für Geophysik hat sich jedoch bewußt jeglicher aktiver Teilnahme an der Errichtung einer Planetologie in Münster enthalten, da es mit den vorhandenen Aufgaben und dabei vor allem mit der Polarforschung bereits bis zur Grenze seiner Leistungsfähigkeit beansprucht war und sich daher keinen weiteren Schwerpunkt leisten konnte.

Forschungsschwerpunkte des Instituts 1971 - 1995

Für den Zeitraum der letzten 25 Jahre wurde zunächst nur auf die Hauptpunkte der Institutsgeschichte, soweit sie den institutionellen Rahmen betrafen, eingegangen. Die Entwicklung der Forschung in dieser Zeit, die gekennzeichnet war durch eine stetige Ausweitung und zugleich Intensivierung der Forschungsaktivitäten, soll im folgenden umrissen werden, ohne dabei Vollständigkeit und eine umfassende Würdigung dieses noch jungen Abschnitts der Institutsgeschichte anzustreben.

Am Institut entstanden ab 1971 sieben Arbeitsschwerpunkte, unter denen der Polarforschung nach wie vor eine besondere Bedeutung zukam. Daneben prägten nun aber auch die anderen Schwerpunkte, z.B. das Projekt "International Magnetospheric Study" (IMS), die Magnetotellurik oder die oberflächennahe Geophysik mit ihren Aktivitäten das Bild des Instituts entscheidend. Die Ausweitung der Forschungsaktivitäten war möglich vor dem Hintergrund einer starken Zunahme der Zahl von Studentinnen und Studenten ab Mitte der 70er Jahre, die die einzelnen Forschungsvorhaben wesentlich mitgetragen haben. Ohne ihren großartigen Einsatz, vor allem im Rahmen ihrer Diplomarbeiten, wäre die Durchführung der Vielzahl von Projekten in den verschiedenen Arbeitsgruppen nicht möglich gewesen. Besonders erwähnenswert ist darüber hinaus das besondere Engagement aller Techniker des Instituts in all den Jahren.

In der nachfolgenden Übersicht über die einzelnen Arbeitsgebiete werden die jeweils hauptsächlich beteiligten Wissenschaftler in Klammern genannt.

Polarforschung (Norbert Blindow, Gerd Boldt, Andreas Bombosch, Manfred Degutsch, Hermann Engelhardt, Klaus Großfeld, Ludwig Hempel, Herbert Hoppe, Andreas Hungeling, Monika Jonas, Michael Jonas, Heinz Kohnen, Henner Sandhäger, Franz Thyssen):

Am Beginn stand zunächst die weitere Auswertung von Daten und Material der beiden EGIG-Expeditionen zu Eigenschaften des grönländischen Inlandeises und seines Untergrundes. In eigenen kleineren und größeren Unternehmungen wurden dann verschiedene Gletscher in den Alpen und in Norwegen, Randbereiche Grönlands und das Meereis nördlich von Baffin Island (Canadian Arctic Channel Project) untersucht und im Rahmen US-amerikanischer Antarktisexpeditionen seismische und elektrische in-situ-Eigenschaften des Inlandeises gemessen. Auch im Inneren von Grönland wurden neue gravimetrische und elektrische Messungen durchgeführt. Daneben wurde mit Laboruntersuchungen an Eisbohrkernen aus Antarktis und Grönland begonnen.

Ab Ende der 70er Jahre begann die regelmäßige Beteiligung des Institutes an deutschen Antarktisexpeditionen, zum überwiegenden Teil im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Antarktischforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten" (1981-1996). Solange das AWI noch nicht existierte, erfolgten auch Planung und Leitung von hier aus. Münster war von Anfang an vor allem am Internationalen Filchner-Ronne-Schelfeisprojekt (FRISP) maßgeblich beteiligt und unterstützte darüber hinaus die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe bei ihren Expeditionen in der Ostantarktis, vor allem bei und mit magnetischen und elektromagnetischen Messungen.

Mit erfolgreichen eigenen technischen Entwicklungen spielte das elektromagnetische Reflexions-Verfahren (EMR) sowohl bei Bodenmessungen als auch bei Messungen vom Hubschrauber und vom Flugzeug aus eine immer größere Rolle. Hochauflösende EMR-Messungen führten längs Profilen, insbesondere in der Nähe der europäischen GRIP-Bohrung (Greenland Ice Core Project), zur weiträumigen Erkundung des genaueren Aufbaus des Inlandeises. In der Antarktis konnte der schichtartige Aufbau des

Filchner-Ronne-Schelfeises weitgehend kartiert werden, wobei für die Interpretation eigene Heißwasserbohrungen von entscheidender Bedeutung waren. Solche Bohrungen wurden schließlich auch für Temperaturuntersuchungen genutzt. In den letzten Jahren wurde auch an glaziologisch-ozeanographischen Modellen zum westantarktischen Schelfeis gearbeitet.

Eine für die Reflexionsseismik wichtige technische Neuerung war der im Institut in den 80er Jahren entwickelte "Ice Streamer", bei dem kardanisch aufgehängte Geophone mit einem Kabel fest verbunden sind, das von einem starken Schneefahrzeug gezogen wird. Es wurde schließlich eine 5,7 km-Version gebaut, die in Verbindung mit einer DFS-V-Aufnahmeapparatur in der Antarktis zu Eis- und Krustenuntersuchungen eingesetzt wurde. Neben den größeren Unternehmungen in der Antarktis und auf Grönland, auch auf Spitzbergen, spielte die Gletscherforschung weiterhin eine wichtige Rolle. Das EMR-Verfahren entwickelte sich auch hier zu einer sehr erfolgreichen Untersuchungsmethode.

Krustenseismik (Manfred Degutsch, Franz Thyssen):

Neben der Teilnahme an der refraktionsseismischen Gemeinschaftsforschung westdeutscher und anderer europäischer Institute beschäftigte sich das Institut Anfang der 70er Jahre durch die Auswertung seismologischer Untersuchungen auch mit der Untersuchung von Kruste und oberem Mantel. Unter anderem wurde ein mobiles Seismometernetz im Bereich des Bramscher Schwerehochs betrieben und die Verteilung von Laufzeitresiduen ermittelt. Auch wurde versucht, mit damals neuartigen Verfahren aus Erdbebenregistrierungen Reflektoren in Kruste und oberem Mantel zu lokalisieren. Dieses Arbeitsgebiet wurde dann allerdings zugunsten anderer Aktivitäten aufgegeben. Ab Mitte der 80er Jahre befaßte sich das Institut mit Krustenreflexionsseismik, in erster Linie in der Antarktis (s.o.).

Oberflächennahe Geophysik (Norbert Blindow, Manfred Degutsch, Franz Thyssen, Wolfgang Weniger):

In diesem Arbeitsschwerpunkt spielten Neu- und Weiterentwicklungen von Geräten und Auswertemethoden in praktisch allen Verfahren der angewandten Geophysik zur Untersuchung des schwierigen, hochabsorptiven und besonders inhomogenen oberflächennahen Bereichs (0 bis 50 m) eine zentrale Rolle. Beispielsweise standen für die oberflächennahe Reflexionsseismik zunächst keine Standardmeßverfahren und keine genügend hochfrequenten seismischen Quellen zur Verfügung. Ersten Erfahrungen mit dem Aufbau einer geeigneten Feldmeßapparatur, z.T. im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Ingenieur-geologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgestein" (1978-1983), folgten ständige Verbesserungen bis hin zur jüngsten Entwicklung einer Anlage mit gesteuerter Schallanregung über Lautsprecher. Unter den anderen Verfahren ist das elektromagnetische Reflexionsverfahren (EMR) hervorzuheben, dessen Entwicklung über viele Jahre hinweg immer eng mit der Polarforschung gekoppelt war (s.o.).

Im Laufe der Jahre verlagerten sich die Anwendungen der Methoden der oberflächennahen Geophysik immer stärker auf die Gebiete der Hydrogeologie, Archäologie, Boden-

denkmalforschung und der Umweltforschung, speziell der Deponieerkundung. Die verschiedenartigen Fragestellungen erforderten in der Regel den kombinierten Einsatz einer Mehrzahl von Methoden mit entsprechender Weiterentwicklung der Verfahren. Für die Arbeiten zur Hydrogeologie sei die jahrelange Mitwirkung im Sonderforschungsbereich 69 "Geowissenschaftliche Probleme arider Gebiete" (Berlin) in Ägypten und im Sudan besonders erwähnt. Die Zusammenarbeit mit den Archäologen führte unter anderem zu Ausgrabungsstätten in der Türkei und in Griechenland.

Gesteinsphysik (Norbert Blindow, Hartmut Jödicke, Franz Thyssen):

Eis, das im Rahmen der Polarforschung als Material die zentrale Rolle spielt, kann als ein spezielles Gestein aufgefaßt werden. Die zunächst zur Untersuchung der petrophysikalischen Eigenschaften von Eis entwickelten und benutzten Methoden und Laboreinrichtungen konnten später auch auf gewöhnliche Gesteine, z.B. zur Messung der elektrischen Eigenschaften in einem großen Frequenzbereich, zum Nutzen anderer Forschungsgebiete angewandt werden. Das Institut nahm insbesondere am DFG-Schwerpunkt "Geowissenschaftliche Hochdruckforschung" (1974-1979) teil, wobei elastische, elektrische sowie rheologische Eigenschaften von Gesteinen nicht nur bei höheren Drücken, sondern auch bei hohen Temperaturen bis zum Schmelzen untersucht wurden. In den letzten Jahren konnte der elektronische Leitungsmechanismus extrem leitfähiger hochinkohlter Schwarzschieferproben und graphitführender Unterkrustengesteine nachgewiesen und damit eine zunächst keineswegs allgemein akzeptierte Möglichkeit zur Interpretation von Anomalien der elektrischen Leitfähigkeit in der Kruste durch Labormessungen abgesichert werden.

Elektromagnetische Krustenforschung (Hartmut Jödicke, Alan G. Jones, Frieder Küppers, Jürgen Untiedt, Reiner Volbers, Volker Wagenitz):

Begonnen wurde mit erdmagnetischer Tiefensondierung im Bereich der mit anderen geophysikalischen Methoden bereits intensiv untersuchten Bramscher Anomalie, die als Gebiet stärkster Ausprägung (Strombündelung) der norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie in Erscheinung tritt. Für diese Untersuchung wurden mit Unterstützung von H. Porath (Dallas) zunächst 20 Gough-Reitzel-Magnetometer in stark verbesserter Version ("Typ Münster") für Array-Studien gebaut. Nach diesem ersten Einsatz bildeten die Magnetometer, ergänzt um weitere Exemplare, in den Folgejahren die Grundlage für erdmagnetische Ionosphärenforschungen in Skandinavien (s.u.). Sie wurden dort zugleich auch für erste Studien der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit in Kruste und oberem Erdmantel benutzt. Schließlich dienten sie finnischen und schwedischen Kollegen noch für mehrere Jahre zur Kartierung elektrischer Leitfähigkeitsanomalien in großen Teilen Skandinaviens.

In Münster trat bald die Magnetotellurik (MT) in den Vordergrund, zunächst im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes zur elektrischen Krustenuntersuchung des norddeutschen Beckens auf einem 40 km x 40 km-Raster zusammen mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

in Hannover und dem Institut für Geophysik und Meteorologie in Braunschweig. Nach einer engräumigen elektrischen, MT-äquivalenten Untersuchung der Bramscher Anomalie wurden in den Folgejahren auf Profilen mit engem Stationsabstand (5 bis 10 km) vor allem das Münsterische Becken, das links- und rechtsrheinische Schiefergebirge und in jüngster Zeit erneut das norddeutsche Becken sowie die abtauchende Cocos-Platte in Mexiko untersucht. Dabei traten vormals nicht vermutete, später aber in vielen Gebieten der Erde in verschiedenen Tiefen und offenbar mit großräumiger Tektonik verbundene Schichten hoher elektrischer Leitfähigkeit in der Kruste und ihre Interpretation in den Vordergrund des Interesses. Bei der Interpretation, die sich mit Ausnahme von Mexiko immer mehr auf eine Deutung durch Graphit konzentrierte, spielten die Zusammenarbeit mit anderen Geowissenschaften, die Auswertung tiefer Bohrungen, der Einsatz von Methoden der oberflächennahen Geophysik, z.B. Eigenpotentialmessungen an ausstreichenden Schwarzschieferhorizonten, und Laboruntersuchungen an kohlenstoffhaltigen Gesteinen (s.o.) eine besondere Rolle. Die Zusammenarbeit mit anderen Geowissenschaften wurde innerhalb der DFG-Schwerpunktprogramme "Vertikalbewegungen und ihre Ursachen am Beispiel des Rheinischen Schildes" (1977-1983) sowie "Stoffbestand, Struktur und Entwicklung der kontinentalen Unterkruste" (1985-1991) wesentlich gefördert.

IMS-Projekt (Wolfgang Baumjohann, Kornelia Brüning, Karl-Heiz Glaßmeier, Bernd Inhester, Alan G. Jones, Frieder Küppers, Hermann Opgenoorth, Jürgen Untiedt):

Ziel des IMS-Projektes mit der Hauptphase in den Jahren 1976 bis 1979 war es, durch vielfältige Beobachtungen mit Bodenstationen, Ballonen, Raketen und Satelliten die in hohen Breiten gekoppelten Ionosphären-Magnetosphären-Phänomene und ihre Dynamik koordiniert und intensiviert zu erforschen. Münster beteiligte sich zusammen mit dem Institut in Braunschweig durch Errichtung und mehrjährigen Betrieb eines ganz Skandinavien überspannenden, insgesamt 42 Stationen umfassenden Magnetometernetzes und durch vielfältige Untersuchungen im Rahmen einer weltweiten, methodisch weitgefaßten Forschungskoopeation. Bereits die Vorbereitungsphase dauerte mehrere Jahre, da die Gough-Reitzel-Magnetometer (s.o.) an die geophysikalischen Verhältnisse der Polarlichtzone und den Polarwinter anzupassen waren, ihre Zahl nahezu zu verdoppeln und ein Logistik-System für den Array-Betrieb und die sehr aufwendige Datenauswertung aufzubauen war. Die Untersuchungen dauerten bis gegen Mitte der 80er Jahre, letzte methodische Entwicklungen gab es bis in die jüngste Zeit.

Ein zu Beginn nicht vorhergesehener großer Vorteil war es, daß über dem Kerngebiet des Magnetometer-Arrays in Nordskandinavien nicht nur Polarlichter flächendeckend durch All-Sky-Cameras überwacht wurden, sondern auch das ionosphärische elektrische Feld durch ein Doppelradarsystem des Max-Planck-Instituts für Aeronomie (Katlenburg - Lindau) mit hoher zeitlicher Auflösung flächenhaft erfaßt wurde. Durch Kopplung mit den durch Feldfortsetzung (wie in der angewandten Geophysik) aus den Bodenmagnetfeldstörungen erschlossenen Ionosphärenströmen konnten so wesentlich direktere Aussagen zur polaren

Ionosphärenelektrodynamik gewonnen werden als zuvor möglich. Das Interesse in Münster konzentrierte sich auf Hauptphänomene von Teilstürmen wie Ostwärts- und Westwärts-Elektrojets, westwärts wandernde Polarlichtzonen, mitternächtliche Polarlichtausbrüche, Omega-Bänder und die sogenannte Harang-Diskontinuität, aber auch auf längerperiodische erdmagnetische Pulsationen, wandernde Stromwirbel (die damals erst entdeckt wurden) und andere Erscheinungen der geophysikalischen Plasmaphysik.

Paläomagnetismus (Harald Böhnelt, Ulrich Hambach, Bernd Haverkamp, Heinz Kohnen, Steffen Rotsch, Elisabeth Schnepf, Hagen Stockhausen, Jürgen Untiedt):

Seit der ersten Hälfte der 70er Jahre wurde, beginnend mit dem Kauf eines Digico-Spinner-Magnetometers (damals noch gesteuert von einem Lochstreifen) und fachlich zunächst vor allem von U. Bleil (damals Bochum) unterstützt, ein Paläomagnetismus-Labor aufgebaut, das langsam immer leistungsfähiger wurde. Um für den Anfang größere Reisekosten, aber auch magnetisch problematischere Gesteine zu vermeiden, wurde als erstes Arbeitsgebiet die quartäre Vulkanprovinz der Osteifel für eine umfassende Untersuchung der Paläorichtungen ausgewählt. Hier gab es zwar solide Ergebnisse (z.B. zur Paläosäkulariation), aber keine Überraschungen, d.h. eine recht symmetrische Verteilung der Paläopole um die geographische Achse. Als schwieriger erwies sich die Situation dann in der quartären Westeifel, wo ein Teil der magnetischen Pole stark und systematisch von der erwarteten Lage abwich. Die naheliegende Vermutung, daß die entsprechenden Vulkanite während einer erdmagnetischen Exkursion entstanden sind, erwies sich in der Folgezeit vereinbar mit isotopischen Altersbestimmungen des Laboratoriums für Geochronologie der Universität Heidelberg und mit eigenen Paläointensitätsmessungen. Letztere bilden seitdem einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit unseres Labors und wurden u.a. auf verschiedenartige Vulkanite der Osteifel und des Perani-Gebirges in Rumänien ausgedehnt.

In den letzten Jahren wurden außer quartären Vulkaniten, z.B. in Frankreich, auch die tertiären Vulkanprovinzen Hocheifel und Siebengebirge/Westerwald systematisch in Ergänzung zu früheren, z.T. bereits umfangreichen Messungen untersucht. Ziel ist unter anderem der Versuch einer Verbesserung der europäischen Polwanderkurve, die für das mittlere Tertiär immer noch sehr unsicher ist.

Untersuchungen an mesozoischen Sedimenten begannen in Mexiko, vor allem vor dem Hintergrund offener Terrane-probleme. Später folgten in Kooperation mit dem Geologischen Institut in Köln Arbeiten zur Magnetostratigraphie der europäischen Kruste, vor allem im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Globale und regionale Steuerungsprozesse biogener Sedimentation" (1990-1996). Immer wieder einmal beteiligte sich unser Labor auch an Lößuntersuchungen. Einen weiteren Schwerpunkt bildete schließlich in den letzten zehn Jahren auf Einladung von J.F.W. Negendank die Teilnahme an Gemeinschaftsprojekten zur Untersuchung von Sediment-Bohrkernen in verschiedenen Eifelmaaren, wo günstige Ablagerungsbedingungen zu deutlichen Jahresschichtungen führten, die eine hochauflösende Datierung vor allem für das Holozän erlauben. Für unser Labor stand dabei die erdmagnetische Pa-

läosäkulariation der Richtung des Erdmagnetfeldes im Vordergrund, jedoch wurde auch versucht, Aussagen zur relativen Paläointensität und zu klimatisch oder anthropogen bedingten Änderungen gesteinsmagnetischer Parameter zu gewinnen.

Erneute Umbruchphase seit 1995

F. Thyssen wurde im Frühjahr 1994 emeritiert, sein Nachfolger ist seit April 1995 Manfred Lange, der früher unter anderem am Alfred-Wegener-Institut gearbeitet und dann das finnische Polarinstitut (Arctic Center, Univ. of Lapland) in Rovaniemi geleitet hat. Er sorgt dafür, daß auch in Zukunft Polarforschung, verstärkt verbunden mit Umweltforschung, Schwerpunkt unseres Institutes bleibt. J. Untiedt schied im Sommer 1995 aus dem Institutsdienst, als sein Nachfolger wurde kürzlich Ulrich Hansen aus Köln/Utrecht, ein Geodynamiker berufen. Damit befindet sich das Institut, wie im Universitäts- und Wissenschaftsleben immer wieder so wichtig, abermals in einer Umbruchphase, die neuen Anforderungen entsprechend auch neuen Aufschwung bringen wird.

Geophysik ist ein Fach, das in besonderem Maß auf Kooperation angewiesen ist. Auf sich allein gestellt, kann kein Institut dieses Faches wirklich fruchtbar arbeiten. So sei im Namen unseres Instituts auch im historischen Rückblick, abgesehen von vielen ausländischen Partnern, vor allem folgenden deutschen Institutionen für gute Zusammenarbeit und vielfache Unterstützung besonders gedankt: den Instituten für Geophysik der Universitäten Berlin, Bochum, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Köln und München; den geologischen Instituten der Universitäten Aachen, Bonn und Köln; dem Geodätischen Institut der Universität Braunschweig; dem Laboratorium für Geochronologie der Universität Heidelberg; der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover/Berlin, sowie dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung mit den Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben, Hannover; dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven; dem GeoForschungs-Zentrum, Potsdam; dem Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt; dem Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld; dem erdmagnetischen Observatorium Wingst des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie; dem Institut für Lagerstätten, Vermessung und Angewandte Geophysik der Deutschen Montan-Technologie, Bochum; dem Max Plank-Institut für Aeronomie, Katlenburg-Lindau und zahlreichen weiteren Institutionen, die hier nicht genannt werden können.

Schließlich danken die Verfasser E. Rogge, M. Degutsch, H. Kohnen und J. Werner für wertvolle Hinweise zu diesem Rückblick.

Literatur

BLINDOW, N., ERGENZINGER, P., PAHLS, H., SCHOLZ, H. & THYSSSEN, F. (1987): Continuous profiling of subsurface structures and groundwater surface by EMR methods in Southern Egypt. - Berliner geowiss. Abh. (A) 75 (2): 575-628.

EIKEN, O., DEGUTSCH, M., RISTE, P. & Rfd, K. (1989): Snow streamer: an efficient tool in seismic acquisition. - First Break 7: 374-378.

JÖDICKE, H. (1992): Water and Graphite in the Earth's Crust - An Approach to Interpretation of Conductivity Models. - Surveys in Geophys. 13: 381-407.

MEYER, O. (1969): In memoriam Friedrich Errulat. - Zeitschr. für Geophys. 35: 623-624.

SCHNEPP, E. (1993): Aufzeichnung einer Exkursion des Erdmagnetfeldes in der Westeifel? - DGG Mittlg. 2/1993: 2-10.

THYSSEN, F. (1988): Special aspects of the central part of Filchner-Rønne Ice shelf, Antarctica. - *Annals of Glaciology* 11: 173-179.

UNTIEDT, J. & BAUMJOHANN, W. (1993): Studies of polar current systems using the IMS Scandinavian magnetometer array. - *Space Science Reviews* 63: 245-390.

WEIKEN, K. (1968): Prof. Dr. Bernhard Brockamps Verdienste um die deutsche Polarforschung und um die Deutsche Gesellschaft für Polarforschung. - *Polarforschung* Bd. VI, Jg. 38 (1/2): 190-193.

Angewandte marine Geowissenschaften - von der Deutschen Seewarte und dem Marineobservatorium über das Deutsche Hydrographische Institut zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Dietrich Voppel

Einleitung und kurzer geschichtlicher Abriss

Kaum ein anderer Wirtschaftszweig ist so stark von Naturverhältnissen und -ereignissen abhängig wie der Seeverkehr. In der Zeit der Frachtsegelschifffahrt litten hauptsächlich die Schiffssicherheit sowie Transportsicherheit und -schnelligkeit unter den widrigen und teils unberechenbaren Naturverhältnissen. Heute möchte man zusätzlich die Berechenbarkeit der Reisezeiten und damit die Pünktlichkeit, die Einsparung von Treibstoff, die Bequemlichkeit und in verstärktem Maße die Schnelligkeit verbessern.

Da ist es nicht verwunderlich, daß bereits in den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts Leute darüber nachgedacht haben, wie die Seeschifffahrt mit naturwissenschaftlichen Kenntnissen besser versorgt werden kann.

Einer davon war Wilhelm von Freeden (1822-1894), früher Gymnasiallehrer, dann Rektor der Seefahrtsschule Elsfluth, der schließlich 1868 mit Unterstützung einiger Reeder die private Norddeutsche Seewarte ins Leben gerufen hat. Später überlegte er mit Georg von Neumayer (1826-1909), der dieselben Gedanken mehr von der nautisch-naturwissenschaftlichen Seite anging, wie die Struktur und Aufgabenstellung einer 'Deutschen Seewarte' aussehen könnte.

Die im Jahr 1875 per Gesetz als Reichsinstitut gegründete Deutsche Seewarte wurde Georg von Neumayer (Abb. 1) unterstellt, der wohl mit der Reichsregierung besser und geschickter umgehen konnte als Wilhelm von Freeden.

Aus den Anfängen mit den Abteilungen I *Seefahrt*, II *Meteorologie*, III *Beschaffung und Prüfung von nautischen Instrumenten* und IV *Chronometerprüfungen* (ab 1876) entwickelte sich dann langsam ein angewandt-maritimes geowissenschaftliches Institut, wenn man es mit den heute geläufigen Vokabeln bezeichnen will, denn es waren die Disziplinen Physik der Atmosphäre, Physikalische Ozeanographie und Teile der Physik der festen Erde vertreten, die damals unter dem Sammelbegriff Geophysik zusammengefaßt wurden.

Im Jahre 1874 wurde das Marineobservatorium Wilhelmshaven gegründet. Es hatte die Aufgabe, für die aufstrebende deutsche Marine geophysikalische Unterlagen zu erarbeiten. Es enthielt ab 1879 eine astronomische Abteilung

für Zeitbestimmung und -verkündung, ab 1878 eine physikalische Abteilung für erdmagnetische Beobachtungen und für die Vorausberechnung und Beobachtung der Gezeiten, eine nautische Abteilung für die Prüfung von Chronometern und Barometern sowie schließlich eine meteorologische Abteilung, um eine meteorologische Station zu betreiben. Die Leitung hatte Carl Börgen (1843-1909) (Abb. 2), der astronomische und geomagnetische Erfahrungen bei einer Polarexpedition 1869/70 gesammelt hatte und an der

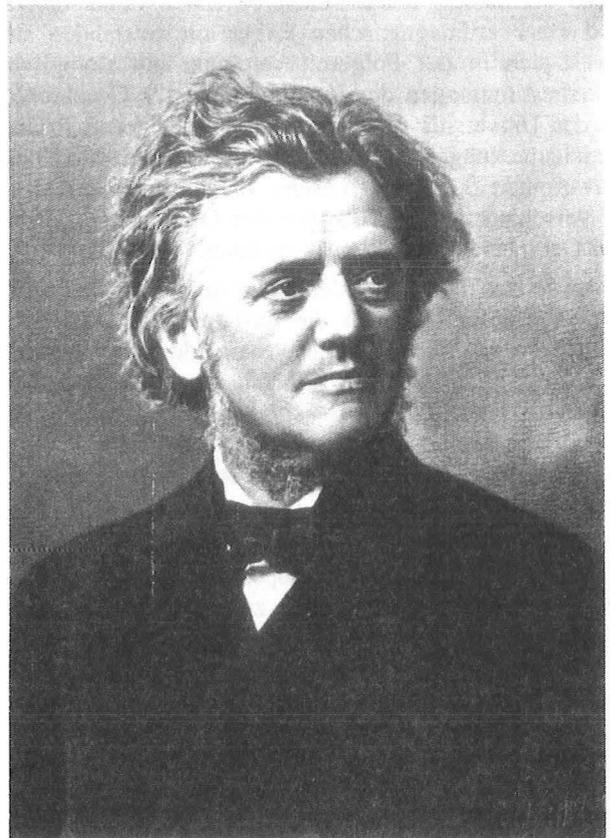


Abb. 1: Georg von Neumayer, Erster Direktor des Reichsinstituts Deutsche Seewarte Hamburg von 1875 bis 1903.

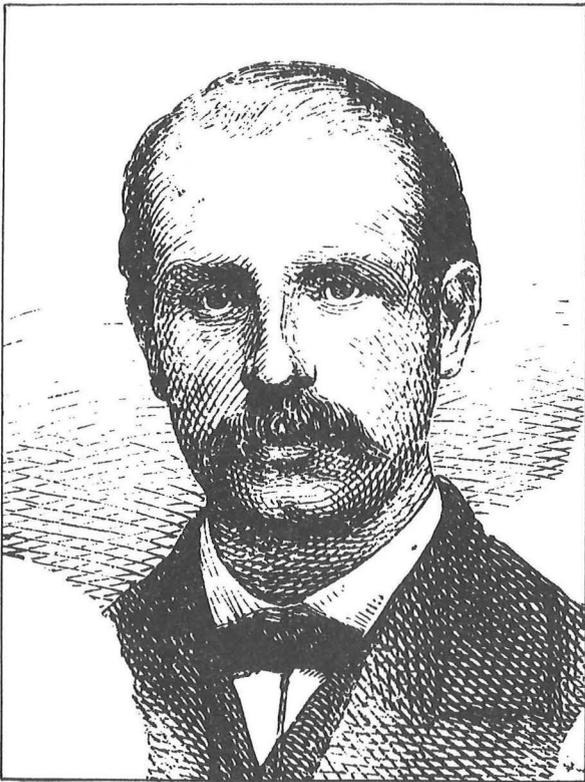


Abb. 2: Carl Börgen, Erster Direktor des Marineobservatoriums Wilhelmshaven von 1874 bis 1909.

Gazelle-Expedition von 1874 bis 1876 zu den Kerguelen-Inseln teilgenommen hatte, um den Durchgang der Venus vor der Sonne zu beobachten.

Deutsche Seewarte und Marineobservatorium arbeiteten in der Folgezeit auf verschiedene Weise zusammen. Klammer war u.a. das Interesse beider Direktoren an der Polarforschung und die Tatsache, daß die wissenschaftlichen Beobachtungen für die Kriegsmarine eben auch einen hohen Wert für die Kauffahrteischifffahrt hatten und umgekehrt. Beide Institutionen unterstanden der Kaiserlichen Admiralität, wo auch das Hydrographische Bureau angesiedelt war, welches u.a. für die Veröffentlichung, z.B. der Gezeitentafeln, zuständig war, aber auch wissenschaftliche Untersuchungen anregte und förderte.

Die Einzelheiten der geschichtlichen Entwicklung dieser Institutionen können EHLERS et al. (1993), WEGNER (1993) und der Arbeit "Das Deutsche Hydrographische Institut und seine Wurzeln" (1979) entnommen und sollen hier nicht näher betrachtet werden. Die Veränderungen in der Aufgabenzuweisung und der Intensität der Ausführung sind abhängig von den jeweiligen Zeitereignissen: Im 1. Weltkrieg 'schlief' der erdmagnetische Beobachtungsdienst im Marineobservatorium ein. Nach dem 1. Weltkrieg wurde die Seewarte dem Verkehrsministerium unterstellt und der Zeitdienst wie auch der Gezeitendienst - entsprechend der Abnahme der Bedeutung der Kriegsmarine - vom Marineobservatorium auf die Seewarte übertragen.

In den 20er Jahren besann man sich auf die 'friedliche' Bedeutung der Meeresforschung und beteiligte Wissen-

schaftler der Deutschen Seewarte an der von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaften organisierten Atlantischen Expedition der METEOR.

Ende der 20er Jahre flammte erneut das Interesse des Marineobservatoriums an erdmagnetischen Beobachtungen auf und gipfelte in der Teilnahme am Zweiten Internationalen Polarjahr 1932/34 durch Wiederaufnahme magnetischer Messungen und Registrierungen in Wilhelmshaven.

In der Zeit des sogenannten Dritten Reiches mit der forcierten Aufrüstung und damit verbundenen Militarisierung kam die Seewarte wieder unter Marineaufsicht, der meteorologische Teil darin unter Luftwaffenaufsicht. Der Gezeitendienst wurde erneut dem Marineobservatorium unterstellt. Der erdmagnetische Dienst wurde bei der Deutschen Seewarte angesiedelt und erheblich verstärkt (Aufbau des Erdmagnetischen Observatoriums Wingst 1938, Entwicklung von Seemessungen).

Mit der Nachkriegsgründung "Deutsches Hydrographisches Institut" (DHI) wurden erstmals alle maritimen Dienste unter ziviler Aufsicht zusammengefaßt. Am 1. Juli 1990 wurde aus dem DHI und dem ebenfalls in Hamburg ansässigen Bundesamt für Schiffsvermessung (BAS) das neue Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) gebildet, das die Aufgaben der Vorgängerbehörden in vollem Umfang übernahm. Mit der Vereinigung der Staaten auf deutschem Boden ist das BSH seit dem 3. Okt. 1990 auch für den Bereich der neuen Bundesländer zuständig. Dafür wurde in Rostock eine Außenstelle errichtet, deren Mitarbeiter von bisher zuständigen DDR-Institutionen (Seehydrographischer Dienst, Seefahrtsamt u.a.) übernommen wurden. Die Meeresumweltüberwachung auf der Ostsee vor Mecklenburg-Vorpommern wurde von da an vom BSH dem Institut für Meereskunde, später Institut für Ostseeforschung, in Auftrag gegeben.

Forschung für Grundlagen und Anwendungen

Den Gründern der Deutschen Seewarte war klar, daß die Arbeit in den praxisnahen Wissenschaften sich nur entfalten kann, wenn sie im Zusammenhang mit Grundlagenforschung betrieben wird. Andernfalls wird die Praxis steril und unbeweglich und kann schließlich ihre Aufgaben nicht mehr oder nur unzulänglich erfüllen. Umgekehrt gilt ähnliches: Wenn Grundlagenforschung ohne jeden Praxisbezug gemacht wird, besteht die Gefahr, daß die Wissenschaftler in einen Elfenbeinturm geraten.

- Die maritimen naturwissenschaftlichen Dienste benötigen wissenschaftliche Grundlagen, die auch auf dem laufenden Stand gehalten werden müssen.

- Neue Aufgaben erfordern meistens auch neuartige Geräte, die entwickelt werden müssen.

- Teure und aufwendige Hilfsmittel wie z.B. Forschungsschiffe werden zur besseren Ausnutzung gelegentlich auch für Forschungsaufgaben zur Verfügung gestellt, die nicht zum unmittelbaren Bereich der Institution gehören, diesen aber langfristig stützen.

Für diese Forschungsmotivationen gibt es in den betrachteten Institutionen zahlreiche Beispiele, von denen im folgenden einige beschrieben werden.

Geophysikalische Dienste

Zu den, im erweiterten Sinne, geophysikalischen Diensten zähle ich den Gezeiten- und Windstaudienst (ANNUTSCH 1993), den Eisdienst (KOSLOWSKI 1993), den erdmagnetischen Dienst (VOPPEL 1993) und bis 1985 den Zeitdienst (ENSLIN 1993). Sinn dieser Dienste ist es, Beobachtungen in gleichbleibender Qualität anzustellen, um einerseits aktuelle Anforderungen, z.B. Vorhersagen, Warnungen mit hoher Präzision rund um die Uhr zu erfüllen und andererseits über Jahrzehnte möglichst lückenlos vergleichbare Daten zu gewinnen, die es ermöglichen, Langzeitereignisse wie mittlere Wasserstands- und Temperaturänderungen oder Säkularvariationen festzustellen (Abb. 3, 4 und 5).

Um solche langen Reihen von Daten zu erzeugen, ist geduldiges Forschen und Arbeiten an vielen Details gefordert. Diese Art der wissenschaftlichen Arbeit spricht nicht jeden Forscher an, da gerade auch in der heutigen Zeit eine Meldung erst dann etwas wert ist, wenn eine spektakuläre Aussage darin steckt. Als Beispiel dafür, welche Vorarbeiten für die Einrichtung eines neuen Dienstes erforderlich sein können, erwähne ich den Seegangsvorhersagedienst, der heute beim Deutschen Wetterdienst am Seewetteramt betrieben wird (RICHTER 1993). Der Seegang ist bekanntlich die Erscheinung, die den seefahrenden Menschen am meisten beeinträchtigen kann. Außerdem kann er die Geschwindigkeit des Schiffes erheblich reduzieren oder sogar auf Null herabsetzen. Schiffsloadungen können verrutschen. Natürlich versuchte man, dem Phänomen auf die Spur zu kommen, gerade auch bei der Deutschen Seewarte und den Nachfolgeinstituten. Namen wie O. Krümmel, der nur einige Monate an der Deutschen Seewarte wirkte, G. v. Neumayer, G. Schott, A. Schumacher, H. Thorade, H.U. Roll, H. Walden, K. Richter u.v.a. sind mit dieser Entwicklung verbunden. Nach dem Zweiten Weltkrieg erfuhr die See-

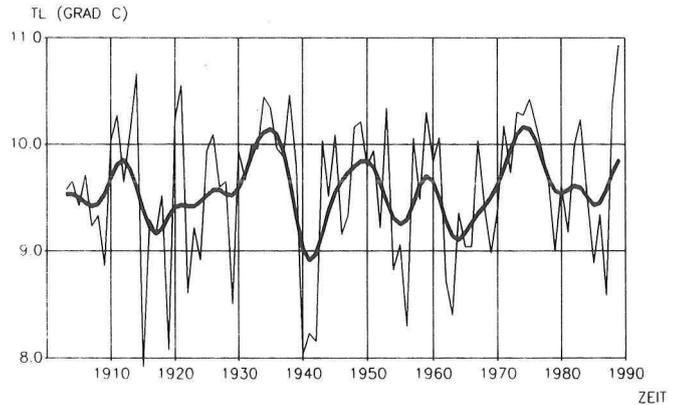


Abb. 4: Jahresmittel der Lufttemperatur 1903 bis 1989 in der Deutschen Bucht (dünn), geglättete Reihe (dick) nach BAUGIRDIS (1993).

gangsforschung eine Beschleunigung, die vor allem auf die technischen Fortschritte der Meß- und Auswertemethoden zurückzuführen ist. Es ist in Deutschland wohl vor allem der Initiative von H.U. Roll, erst als Leiter des Seewetteramtes, später als Präsident des DHI, zu verdanken, daß die Seegangsforschung über Jahrzehnte mit zahlreichen aufwendigen Experimenten vor allem in der Nordsee angestrengt wurde. Nach der Modellentwicklung, die in erster Linie mit K. Hasselmann (Direktor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg) verbunden ist und heute beim Forschungszentrum GKSS betrieben wird, konnte der Deutsche Wetterdienst die Seegangsvorhersage zu einer Dienstleistung für die Schifffahrt machen. Heute werden im BSH die Vorhersagemodelle durch Messungen verifiziert und Verbesserungen der Modelle angeregt.

Forschungen, angeregt durch den Dienst

In vielen Fällen werden Forschungen durch die Beschäftigung mit den täglichen Beobachtungen angeregt. Nach dem Zweiten Weltkrieg tauschten die Observatorien Niemegk und Wingst regelmäßig ihre Magnetogramme aus. Da fiel es dem Beobachter in Wingst, Otto Meyer, auf, daß bei einer bestimmten Störungsart im Magnetogramm, den sogenannten Bay-Störungen, die Ausschläge in den horizontalen Komponenten an den beiden Observatorien in der Tendenz ähnlich, die in der vertikalen Komponente aber im Vorzeichen entgegengesetzt sind. MEYER (1951) deutete diese Erscheinung mit einem Erdstrom etwa auf einer Linie zwischen Berlin und Bremen, der bei dieser Störungsart im Untergrund induziert wird. Man kann das als den Beginn des heute als Elektromagnetische Tiefenforschung bezeichneten Forschungszweiges ansehen, an dem das DHI in den Jahren 1954 bis 1962 durch Messung erdmagnetischer Variationen an Reisestationen in Norddeutschland beteiligt war.

In dieser Zeit wurden am Observatorium Wingst auch sämtliche etwa 120 von den Askania-Werken hergestellten Variographen, das sind transportable Magnetometersysteme, geprüft und auf das Magnetfeld des vorgesehenen

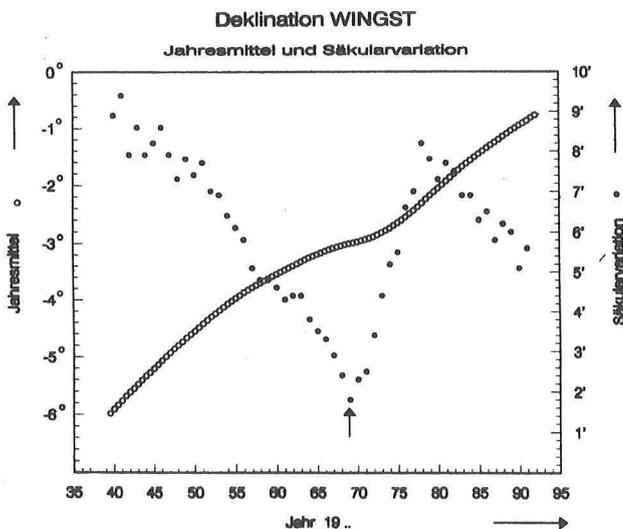


Abb. 3: Der Verlauf der erdmagnetischen Deklination (Mißweisungen des Magnetkompasses) im Erdmagnetischen Observatorium Wingst von 1938 bis 1993 (linke Skala) sowie deren Säkularvariation (zeitliche Änderung pro Jahr, rechte Skala).

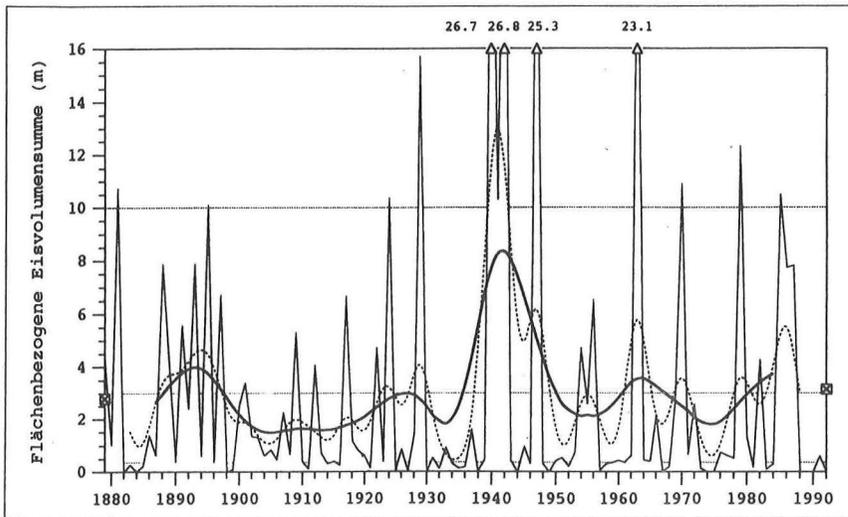


Abb. 5: Die flächenbezogenen Eisvolumensummen (Intensität der Eiswinter) im Küstengebiet der westlichen Ostsee zwischen Flensburger Förde und Trave von 1879 bis 1992. Die Dreiecke am oberen Rand geben die Werte für die extrem starken Eiswinter an. Die horizontalen punktierten Linien trennen die schweren, mäßigen, starken und sehr starken Eiswinter voneinander. Die gestrichelten und stark ausgezogenen Kurven stellen die Glättung der Zeitreihe mit einem Gaußschen Tiefpaßfilter dar, das die Perioden unter 10 bzw. 20 Jahren unterdrückt. Die mit einem Kreuz versehenen Quadrate auf der linken und rechten Ordinatenachse geben den linearen Trend an (nach KOSLOWSKI 1993).

Einsatzortes eingestellt (VOPPEL 1988). Diese Forschungsrichtung mußte 1962 zugunsten anderer Aufgaben, die der Zielrichtung des DHI näherlagen, aufgegeben werden.

Die Geschichte des erdmagnetischen Dienstes und die damit zusammenhängenden wissenschaftlichen Arbeiten sind in VOPPEL (1974) näher beschrieben worden.

Geophysikalische Messungen auf See

Zu den Aktivitäten, die im Laufe der Geschichte der Deutschen Seewarte und des Marineobservatoriums immer mal wieder aufgegriffen wurden, gehörten die Messungen geophysikalischer Parameter auf See. In den Anfangsjahren konzentrierte sich das auf erdmagnetische Messungen, weil die magnetische Kompaßrichtung ein unentbehrliches Mittel der Navigation war, vor allem in der Zeit, als es noch keine Kreiselkompass gab. Aus Mangel an Instrumenten, die auf einer schwankenden Geräteplattform wie einem Schiff einsetzbar sind, konzentrierte man sich auf Messungen auf Inseln und in Häfen, um die spärliche Datenbasis zu erweitern. Welche Bedeutung diese Messungen hatten, geht daraus hervor, daß der Direktor der Seewarte, G. v. Neumayer, persönlich noch im höheren Alter magnetische Messungen in Cuxhaven und auf Helgoland anstellte (DEUTSCHE SEEWARTE 1903).

Im Marineobservatorium wurden solche relativ messenden Reiseinstrumente an das Absolutniveau des Observatoriums angeschlossen, u.a. auch die Geräte, die auf der Südpolar-Expedition 1901-1903 des Forschungsschiffes GAUSS mitgenommen wurden. Während dieser von E. v. Drygalski (1865-1949) geleiteten Expedition war Friedrich Bidlingmaier (1875-1914) mit der Ausführung von magnetischen Messungen beauftragt worden. Er hatte sich vorher im Magnetischen Observatorium in Potsdam mit den Meßmethoden vertraut gemacht. Bidlingmaier wurde nach dem Tode von C. Börgen 1909 Observator in Wilhelmshaven und fiel 1914 im Ersten Weltkrieg. Die später veröffentlichten Arbeiten waren von ihm teils abschließend bearbei-

tet oder von Fachkollegen nach seinen Aufzeichnungen herausgegeben worden.

Wie ihm die Idee zum Bau des Doppelkompasses gekommen war, sei mit seinen eigenen Worten wiedergegeben (BIDLINGMAIER 1925):

"In Zeiten der Not ist der Plan des Doppelkompasses entstanden, damals als unser gutes Schiff GAUSS durch die berüchtigten Regionen der Westwinddrift auf der Südhemisphäre dahinschaukelte. Bei meist stürmischem Wetter und ständig hoher See arbeitete der GAUSS vermöge seiner runden Form immer stark hin und her, so daß die täglichen magnetischen Beobachtungen oft zu einer verzweifelten Aufgabe wurden. Die Nadel im Deviationsmagnetometer, deren Ablenkungswinkel bis auf einige Zehntel Grade zu bestimmen waren, schwankte andauernd innerhalb 30, 60, 100, ja noch mehr Graden hin und her, und im Gesichtsfeld des Mikroskops am Lloyd-Creak-Apparat war oft lange nichts anderes zu sehen, als daß die Nadelspitze der Inklinationsnadel immer wieder rasch durch das ganze Gesichtsfeld hindurchsauste.

Geradezu beneidenswert war in dieser Situation, wo alles an Bord schwankte, die Ruhe der Kompaßrose: mit wunderbarer Sicherheit arbeitete die Hechelmannsche Trockenrose nur ganz wenig am Steuerstrich hin und her. Ganz von selbst entstand da der Gedanke, all die Erfahrungen und Bemühungen um den Kompaß, um den sich besonders WILLIAM THOMSON (Lord KELVIN) verdient gemacht hatte, auch der Horizontalintensitätsbestimmung auf See zugute kommen zu lassen: ein kompaßartiges Instrument schien am besten den Verhältnissen an Bord zu entsprechen und am meisten Aussicht auf eine bequeme und sichere Bestimmung der Horizontalintensität auf See zu bieten.

Während unserer Drift im Packeis Anfang 1903 wurde der Plan ausgeführt: in Erinnerung an ein Instrument, das ich im Potsdamer Magnetischen Observatorium gesehen hatte, und das nach dem in § 5 kurz besprochenen Aufsatz von HEYDWEILER gebaut war, hing ich zwei verfügbare Kompass vertikal übereinander in einer festen Entfernung so auf, daß auf der Heimreise geeignete Ablenkungswinkel zu erwarten waren. Unser Obermaschinist, Herr STEHR, baute ein festes Gestell dazu, das auf dem Deck der Brücke fest verankert wurde. Eine mehrwöchentliche Versuchsreihe im Indischen Ozean bestärkte mich in der Überzeugung, daß sich auf diese Weise ein überaus bequemes, seetüchtiges und zuverlässiges Instrument bauen ließe. Die Versuche wurden ab-

gebrochen, nachdem bei der Landung in Südafrika einer der Kompass, ein Fluidkompaß, beim Transport zu Schaden gekommen war."

Das ist ein typisches Beispiel, wie sich aus der ad-hoc-Erfahrung heraus gepaart mit dem Wissen des Beobachters die Neuentwicklung eines Instruments 'ergibt'.

Der nächste Anstoß, Messungen auf See durchzuführen, kam nach 1935, als im Zuge der Wiederaufrüstung die Marine neue Informationen über das Erdmagnetfeld auf See im wesentlichen für den Minenkrieg brauchte. Friedrich Errulat (1889-1969) kam 1936 von der Universität Königsberg an die Deutsche Seewarte, um einerseits das Observatorium Wingst zu gründen und eben Versuche zu Seemessungen zu beginnen. Es wurden nacheinander der Doppelkompaß für die Messung der Horizontalkomponente, ein induktorähnliches Rotationsgerät für die Messung der Vertikalkomponente und später von O. Meyer ein Magnetron - ebenfalls für die Vertikalkomponente - mit fernanzeigenden Registrierungen versehen, um die Geräte in Tauchkugeln oder Schleppgeräten etwa 100 m entfernt von den eisernen Meßschiffen einsetzen zu können. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde ab 1952 im DHI die dann zur Serienreife entwickelte Förstersonde (engl.: fluxgate magnetometer) für die Messung der Vertikalkomponente eingesetzt.

Im Jahr 1955 stand der erste Prototyp eines Seegravimeters nach A. Graf für einen Einsatz auf hoher See zur Verfügung. Das DHI setzte das Gerät unter Leitung von O. Meyer zunächst als Gerät für Punktmessungen ein. Es wurde in einem sogenannten Pegelkäfig vom Schiff auf Grund gesetzt (etwa bis 40 m Tiefe) und blieb über ein Kabel mit dem Schiff verbunden. Der Hebelarm mit der Masse wurde elektrisch entarretiert und die Lage der Masse elektrisch gemessen. Eine Messung nahm einschließlich der zugehörigen Ab- und Einsatzmanöver etwa zwei Stunden in Anspruch. Ein Jahr später hatte A. Graf ein Seegravimeter entwickelt, das im fahrenden Schiff zunächst in einem Kardangelenk, bald darauf auf einer kreiselstabilisierten Plattform kontinuierlich messen konnte. Es war im wesentlichen das Verdienst von U. Fleischer (1927-1977) während seiner Tätigkeit beim DHI mit diesem Gerät und einer präzisen Navigation die Schweremessung auf See zu einem Standardverfahren gemacht zu haben. Er war es auch, der den bei stärkerem Seegang störenden sogenannten Cross-Coupling-Effect, der durch die Wirkung von horizontaler Beschleunigung auf den Waagebalken hervorgerufen wird, durch zwei gegensinnig aufgestellte Gravimeter kompensieren konnte (FLEISCHER 1974). Auch der Prototyp der nächsten Seegravimeter-Generation, eine Vertikalpendelkonstruktion, ist von U. Fleischer erprobt und erstmalig eingesetzt worden.

In der Kombination Magnetometer und Schweremesser sowie der durch die Bundesanstalt für Bodenforschung (BfB), der späteren Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Praktische Lagerstättenforschung beigesteuerten Reflexions- und Refraktionsseismik wurde der südliche Teil der Nordsee im sogenannten Nordseeschelf-Programm 1957 bis 1964 erstmalig geophysikalisch vermessen. Seit 1959 wurde anstelle der Förstersonde ein Protonenmagne-

tometer verwendet, das schneller und präziser, allerdings nur die Totalintensität des Erdmagnetfeldes zu messen imstande ist.

Es folgte 1965 die Teilnahme der geophysikalischen Disziplinen des DHI an der METEOR-Expedition im Jahr der ruhigen Sonne (Sonnenfleckenminimum) an den Schnittpunkt des erdmagnetischen und des geographischen Äquators im Atlantik, wo u.a. erstmalig magnetische Zeitvariationen vom verankerten Schiff aus gemessen wurden. Eine Forschungsfahrt ähnlicher Zielsetzung erfolgte im Jahr des Sonnenfleckenmaximums 1969.

Ab dem Jahr 1968 finanzierte das Bundesverkehrsministerium das Programm "Geophysikalische Untersuchungen im Nordatlantik", unter dem der Island-Färöer-Rücken, der Reykjanes-Rücken, der Kolbeinsey-Rücken sowie Gebiete um Island bathymetrisch, magnetisch, gravimetrisch und teilweise mit den inzwischen entwickelten flachseismischen Verfahren wie Sparker und Airgun seismisch vermessen wurden. Größtenteils wurden diese Vermessungen mit dem Forschungsschiff METEOR, aber auch mit dem Forschungs- und Vermessungsschiff KOMET ausgeführt (SRIVASTAVA et al. 1988). Heute werden im BSH geophysikalische Methoden wie Magnetometrie, Gradiometrie, Side-Scan-Sonar und Flachseismik zur Suche nach bzw. Überprüfung von Störkörpern, die durch Wracks, Munition, Kabel, Pipelines u.a. gegeben sind, eingesetzt (VOPPEL 1990). Die Gravimetrie spielt gelegentlich bei der Lösung von geodätischen Problemen, wie z.B. der Höhenbestimmung von Helgoland, und bei der Interpretation von natürlichen geophysikalischen Anomalien eine Rolle.

Ausblick

Die Geschichte der Institutionen von der Deutschen Seewarte und dem Marineobservatorium über das Deutsche Hydrographische Institut bis zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie spiegelt die Anwendung geowissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Bedürfnisse der Seeschifffahrt wider. Galt es anfangs hauptsächlich Informationen zu sammeln, zu ordnen, aufzubereiten und schließlich der Schifffahrt zugänglich zu machen, kam später zunehmend die systematische Erforschung von Naturvorgängen hinzu. Anfangs war die wissenschaftliche Aufgabe eher geographisch orientiert, später geophysikalisch im umfassenden Sinne. Dem gesellschaftlichen Rahmen und den politischen und wirtschaftlichen Bedingungen entsprechend lag der Schwerpunkt lange Zeit im militärisch-maritimen Bereich. Besonders ausgeprägt gab es nach dem Zweiten Weltkrieg eine Wende in zivile, wirtschaftlich motivierte Anwendungen. In neuerer Zeit trat der Schwerpunkt Umweltüberwachung hinzu.

Dank der Weitsicht vieler Präsidenten und leitender Mitarbeiter in den übergeordneten Ministerien wurden gelegentlich Grundlagenforschungen gefördert, die den eigentlichen Aufgaben der Institutionen ferner lagen, die aber letztlich wichtige Innovationen für die einschlägigen Dienste lieferten. Beispiele sind gerade in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg, als sich die Forschungsstrukturen an den Universitäten und in den Verwaltungen erst neu formieren mußten, auf geophysikalischem Gebiet der An-

schub der erdmagnetischen Tiefensondierung und der Beginn der marinen Geophysik, insbesondere der Seegravimetrie und Seemagnetik.

Nach Einrichtung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) beschäftigten sich das Alfred-Wegener-Institut für Polarforschung (AWI), Bremerhaven, und das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht als Großforschungseinrichtungen mit marinen Forschungen. Der Verkehrsminister konnte dann die Forschung im eigenen Ressort reduzieren. Davon war auch das DHI mit dem Sachgebiet Marine Geophysik betroffen.

Forschungsaufgaben, die über die "Forschungen für die Dienste" hinausgingen, werden entweder in Aufträgen vergeben oder an reine Forschungsinstitutionen abgegeben. Diese 'saubere' Aufgabenteilung ist zwar ordnungspolitisch bestechend und überschaubar. Sie fördert aber auch die Sterilität und Unbeweglichkeit.

Trotzdem bin ich optimistisch für die Zukunft des BSH, weil sich in der Geschichte der hier betrachteten maritimen Institutionen gezeigt hat, daß sich gute Ideen ungeachtet aller ordnungspolitischen Bedingungen durchsetzen und am wirkungsvollsten sind, wenn sie weitgehend von ihren Vätern auch realisiert werden.

Literatur

ANNUTSCH, R. (1993): Gezeiten- und Windstaudienst. - in Ehlers, P., Duensing, G. & Heise, G. (Hrsg.): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland: 194-199; (Mittler Verlag Herford etc.).

BAUGIRDIS, C. (1993): Klimaschwankungen und -trends auf See. - in Ehlers, P., Duensing, G. & Heise, G. (Hrsg.): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland: 121-124; (Mittler Verlag Herford etc.).

BIDLINGMAIER, F. (1925): Der Doppelkompaß. Seine Theorie und Praxis. - in Drygalski, E. v. (Hrsg.): Deutsche Südpolarexpedition 1901 bis 1903 V. Band; Erdmagnetismus 1. Bd.; Berlin und Leipzig (Walter de Gruyter u. Co).

DEUTSCHE SEEWARTE (1903): Jahresbericht für das Jahr 1902; Hamburg.

DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT (Hrsg.) (1979): Das Deutsche Hydrographische Institut und seine historischen Wurzeln. - Hamburg.

EHLERS, P., DUENSING, G. & HEISE, G. (Hrsg.) (1993): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland. - (Mittler Verlag Herford etc.).

ENSLIN, H. (1993): Zeitdienst. - in Ehlers, P., Duensing, G. & Heise, G. (Hrsg.): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland: 257-267; (Mittler Verlag Herford etc.).

FLEISCHER, U. (1974): Seegravimetrie. - J. of Geophys. Vol. 40 No. 1.

KOSLOWSKI, G. (1993): Eisdienst. - in Ehlers, P., Duensing, G. & Heise, G. (Hrsg.): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland: 200-202; (Mittler Verlag Herford etc.).

MEYER, O. (1951): Über eine besondere Art von erdmagnetischen Baystörungen. - Dt. hydrogr. Zeitschr. 4: 61-65.

RICHTER, K. (1993): Seegang. - in Ehlers, P., Duensing, G. & Heise, G. (Hrsg.): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland: 203-213; (Mittler Verlag Herford etc.).

SRIVASTAVA, S.P., VOPPEL, D. & TUCHOLKE, B. (1988): Geophysical Atlas of the North Atlantic between 50° to 72° N and 0° to 65° W. - Deutsches Hydrographisches Institut No. 2302; Hamburg.

VOPPEL, D. (1974): Hundert Jahre Erdmagnetischer Dienst in Norddeutschland. - in: Birett, H., Helbig, K., Kertz, W. & Schmucker, U. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik; Berlin Heidelberg New York (Springer Verlag).

VOPPEL, D. (1988): Some remarks on the history of Wingst Observatory during the first 50 years. - Dt. hydrogr. Zeitschr. 41 (3-6).

VOPPEL, D. (1990): Das Deutsche Hydrographische Institut an der Schnittstelle zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung. - Dt. hydrogr. Zeitschr. 43: 195-203.

VOPPEL, D. (1993): Erdmagnetischer Dienst. - in: Ehlers, P., Duensing, G. & Heise, G. (Hrsg.): Schiffahrt und Meer - 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland: 214-217; (Mittler Verlag Herford etc.).

WEGNER, G. (Hrsg.) (1993): Meeresforschung in Hamburg von vorgestern bis übermorgen. - Dt. hydrogr. Zeitschr. Erg.H. Reihe B, Nr. 25.

Hundert Jahre Erdbebenforschung in Stuttgart

Erhard Wielandt & Rolf Schick

Wie bei vielen anderen Völkern wurden auch in Europa bis zum Ende des 18. Jahrhunderts Erdbeben allgemein als göttliche Straferichte angesehen. So lag es nahe, Erdbeben auf übernatürliche Kräfte zurückzuführen. Der Naturphilosoph Jean Baptiste Helmont kommt 1682 nach einem heftigen Erdbeben am Niederrhein zu dem Schluß, ein Strafen gel schlage die Luft und erzeuge einen Ton, der die Erde erzittern läßt.

Im deutschsprachigen Bereich war es vor allem Alexander von Humboldt (1769-1859), der durch eine Fülle von Beobachtungen und unterstützt durch sein Ansehen als Naturforscher den Grundstein zur wissenschaftlichen Erdbebenforschung legte. Für ihn waren Erdbeben allein und unmittelbar mit Vulkanismus verbunden, und viele Autoren folgten bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts dieser Erklärung.

Die von O. Volger (1822-1897) aufgestellte Einsturztheorie der Erdbeben verursachte eine heftige Kontroverse mit den Anhängern der Humboldtschen Vorstellungen. Der Gegensatz polarisierte die Erdwissenschaftler in 'Neptunisten' und 'Plutonisten'. Eine dritte Gruppe verfolgte ein ganz anderes Konzept. Speziell bei Beben im Alpenraum hatte man immer wieder einen auffälligen Zusammenhang zwischen der Streckung des Schüttergebietes, d.h. der Zone größter Erschütterungen, und den geologisch gefundenen Bruch- oder Verwerfungslinien gefunden. Der Schweizer Geologe Albert Heim erkannte den möglichen Zusammenhang mit der damals jungen Theorie einer Gebirgsbildung durch seitlichen Druck und Schollenhebung entlang tieferreichender Bruchzonen. 1878 gründete er zusammen mit F. A. Forel die "Schweizer Erdbebenkommission" mit dem Ziel, nach Erdbeben eine systematische Befragung der Bevölkerung nach Zeitpunkt, Stärke und Richtung der verspürten Stöße, Gebäudeschäden und Geländedeformationen durchzuführen. Für diese Aufgabe wurden "makroseismische Fragebogen" entwickelt, die auch heute noch fast unverändert verwendet werden. Die Beobachtungen wurden von Heim in jährlich herausgegebenen Berichten zusammengefaßt. Bis zu diesem Zeitpunkt waren Forscher aus dem süddeutschen Raum nicht wesentlich an der Erdbebenforschung beteiligt, obwohl zum Beispiel an den Universitäten Tübingen und Freiburg traditionsreiche erdwissenschaftliche Institute bestanden.

Die erfolgreiche Arbeit der Schweizer Erdbebenkommission hatte jedoch Auswirkungen auf die angrenzenden Länder Baden und Württemberg. Der Naturwissenschaftliche Verein in Karlsruhe gründete 1880 eine Erdbebenkommission mit ähnlicher Zielsetzung. 1886 folgte der Verein für Vaterländische Naturkunde in Württemberg nach und setzte ebenfalls eine Erdbebenkommission ein. Die Mitglieder kamen aus den verschiedensten Bereichen: Oskar und Eberhard Fraas aus der Geologie und Paläontologie, Karl Mack aus der Physik und Meteorologie und August Schmidt aus der Mathematik. Auf eine Bitte der Kommission erklärte sich das Württembergische Statistische Landesamt bereit, Nachrichten über Erdbeben in die

Berichte der meteorologischen Abteilung aufzunehmen und entsprechende Fragebogen an die Beobachter der Wetterstationen zu verteilen. Einige einfache Seismoskope wurden in Stuttgart und Tübingen aufgestellt.

Die Einrichtung der ersten Erdbebenwarte in Württemberg geht zurück auf die Jahresversammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins in Basel 1892. Dort verabredeten die Vertreter der süddeutschen Erdbebenkommissionen, was wir heute eine Geräteevaluation nennen würden. Es sollte ein zur Massenverbreitung geeignetes, preisgünstiges Seismometer ausgewählt werden. Karl Mack, Professor an der Landwirtschaftlichen Akademie in Hohenheim bei Stuttgart (Abb.1), übernahm die Durchführung. Seine Voraussetzungen waren günstig. Ihm unterstand eine meteorologische Station erster Ordnung, welche ähnlich einer Erdbebenstation tägliche Wartung benötigte. In Stuttgart beschäftigte sich August Schmidt mit der Konstruktion von Seismometern. Da Mack einen guten Mechaniker hatte, konnten auch Neukonstruktionen zügig realisiert werden. Die Akademie stellte ein kleines, ruhig gelegenes Häuschen zur Verfügung. Im Sommer 1893 waren bereits sechs



Abb. 1: Dr. Karl Mack (1857-1934), Professor für Physik und Meteorologie an der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim, Leiter der Erdbebenstation Hohenheim.

verschiedene Seismometer in Betrieb. Ein starkes Erdbeben bei Laibach am 14. April 1895, das von dreien der sechs Geräte aufgezeichnet wurde, belohnte Macks Anstrengungen, wenn es auch letztlich zu der Erkenntnis führte, daß die Geräte nicht ausgereift waren; keines davon war so konstruiert, daß es den zeitlichen Verlauf der Bodenbewegung hätte aufzeichnen können.

Im April 1901 veranstaltete Georg Gerland in Straßburg die "Erste Internationale Seismologische Konferenz", welche, zusammen mit der im Jahre 1903 folgenden, die Gründung der "Internationalen Seismologischen Assoziation" (heute: "International Association for Seismology and Physics of the Earth's Interior", IASPEI) zur Folge hatte. Delegierter des Königreiches Württemberg war das Kommissionsmitglied A. Schmidt. Entsprechend den Empfehlungen der Konferenz beschloß die württembergische Regierung, Hohenheim zu einer Hauptstation auszubauen und eine Nebenstation in Biberach einzurichten. Anfang 1905 konnte die Station Hohenheim in einen kleinen Neubau, unweit der früheren Station, umziehen. Kernstück der neuen Anlage waren nunmehr richtige Seismographen, nämlich Horizontalpendel vom Typ "Omori-Bosch" mit kontinuierlicher Registrierung auf Rußpapier, benannt nach dem japanischen Konstrukteur F. Omori und der Herstellerfirma Bosch in Straßburg. Seismographen desselben Typs waren ab 1905 auch in der Station Biberach in



Abb. 2: Geh. Hofrat Dr. August Schmidt (1840-1929), Professor am Dillmann-Realgymnasium in Stuttgart und langjähriger Vorstand der meteorologisch-geophysikalischen Abteilung des Württ. Statistischen Landesamtes, gründete zusammen mit K. Mack die Erdbebenstation in Hohenheim.

Betrieb; Teile davon sind noch in der Erdbebenstation Meßstetten erhalten.

Zusätzlich zu diesen Pendeln, welche auf horizontale Bodenbewegungen ansprechen, wurde zur Beobachtung der vertikalen Bodenbewegung in Hohenheim ein Schmidt'sches Trifilargravimeter mit photographischer Registrierung aufgestellt.

Der Beginn der seismographischen Registrierung fiel in eine Periode ungewöhnlich niedriger lokaler Seismizität. Die in den Erdbebenberichten aufgeführten lokalen Erdstöße sind oft mit Fragezeichen versehen, oder sie werden durch Angaben wie "gleichzeitig orkanartiger Sturm" fraglich. Die meisten der deutlicher registrierten Erdstöße waren nur Ausläufer von Beben im Alpenraum.

Da ereignete sich, fast wie ein Blitz aus heiterem Himmel, in den späten Abendstunden des 16. Nov. 1911 beim heutigen Albstadt ein Beben, das in die Literatur als das "Große Süddeutsche Erdbeben von 1911" einging. Zwar war das Trifilargravimeter in Hohenheim übersteuert, und bei je einem Horizontalpendel in Hohenheim und Biberach sprangen die Schreibnadeln heraus; die anderen Pendel lieferten aber jeweils eine sehr deutliche Aufzeichnung. Mindestens ein Vorstoß und einige Dutzend Nachstöße wurden registriert. Die Empfindlichkeit der Pendel ließ aber immer noch zu wünschen übrig; die kleineren Nachbeben erzeugten nur winzige, kaum auswertbare Ausschläge. Mack beantragte die Anschaffung eines "bifilaren Kegelpendels" (d.h. Horizontalpendels) nach F. Mainka, das mit seiner seismischen Masse von 450 kg eine Vergrößerung von 200 ermöglicht hätte. Als der Antrag abgelehnt wurde, bestellte Mack das Pendel auf eigene Kosten! Er verrät uns in seinem Rückblick aus dem Jahr 1925 nicht, ob und wann ihm seine Auslagen erstattet wurden. Das Mainkapedel konnte im Oktober 1913 in Betrieb genommen werden und hat sich von Anfang an sehr gut bewährt. Es erbrachte erstmals nicht nur von Nahbeben befriedigende Registrierungen, sondern zeigte mit ungewohnter Deutlichkeit auch seismische Oberflächenwellen, die nach starken Fernbeben die Erde mehrfach umkreisen. Die fehlende zweite Komponente konnte erst 1925 durch Eigenbau ergänzt werden. Beide Instrumente befinden sich heute im Deutschen Museum in München.

Die größte Schwachstelle bei den seismographischen Aufzeichnungen bildeten damals trotz aller technischen Mängel der Seismographen nicht diese selbst, sondern die Zeitbestimmung. Erst die Einführung von Radiozeitzeichen, welche mehrmals am Tage eine Uhrenkontrolle erlaubten, brachte die für die Seismogrammauswertung unerläßliche Genauigkeit. Die Station Hohenheim erhielt 1912 eine "funkentelegraphische Zeitsignal-Empfangsanlage", mit der Zeitzeichen vom Eiffelturm und von Radio Norddeich empfangen werden konnten. Es war die erste Anlage dieser Art in ganz Württemberg.

Insgesamt gab das Albbeben von 1911 der Seismologie in Württemberg einen gewaltigen Auftrieb. Es wurde nicht nur von den Stuttgarter Erdwissenschaftlern K. Mack, A. Schmidt, A. Sauer und L. Pilgrim gründlich bearbeitet, sondern auch von anderen, international bekannten Seismologen wie Beno Gutenberg und August Sieberg.

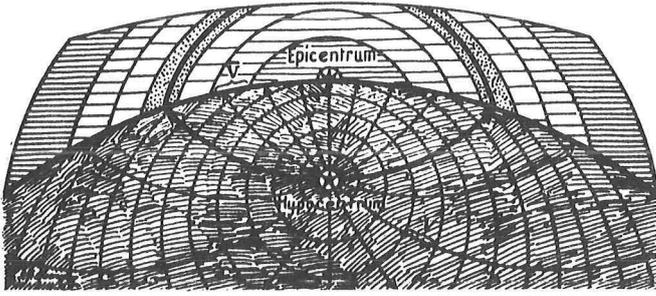


Abb. 3: Der Erdbebenseismologe August Sieberg wollte die auf August Schmidt zurückgehende Darstellung der Ausbreitung von Erdbebenwellen in Form gekrümmter Strahlen als "Schmidt'sches Gesetz" in die Literatur einführen. Der Ausdruck hat sich allerdings nicht eingebürgert. (Abbildung aus SIEBERG 1923).

Karl Mack wurde im Jahr 1925 emeritiert. Über mehr als 35 Jahre hatte er die Erdbebenforschung in Württemberg bestimmt und sich dabei große Verdienste erworben. Dabei war Seismologie nicht sein einziges Arbeitsgebiet, Physik und Meteorologie haben ihn nicht weniger beschäftigt. Neben seinen seismometrischen Arbeiten hat er sich vor allem dem Studium der die Erde mehrfach umlaufenden Oberflächenwellen, den Wiederkehrwellen, gewidmet. Mit seinem Ausscheiden erlosch die Verbindung zwischen der landwirtschaftlichen Akademie Hohenheim und der Seismologie.

Der führende Theoretiker und Instrumentenkonstrukteur der Erdbebenkommission war der 1840 in Maulbronn geborene August Schmidt (Abb.2). Er unterrichtete von 1868 bis 1904 Mathematik und Physik am Dillmann-Realgymnasium in Stuttgart; von 1896 bis 1912 war er Vorstand der meteorologisch-geophysikalischen Abteilung des Statistischen Landesamtes. Um 1900 entwickelte er sein Trifilargravimeter. Daneben verfaßte er grundlegende Arbeiten zur Ausbreitung von Erdbebenwellen. So wies er 1888 erstmalig darauf hin, daß die Strahlen der Erdbebenwellen sich in der Erde nicht geradlinig, sondern nach dem Brechungsgesetz nach oben gekrümmt ausbreiten müssen, und erkannte klar den Zusammenhang zwischen wahrer und scheinbarer Ausbreitungsgeschwindigkeit (Abb.3). Gelegentlich hat er die Fachwelt an physikalische Zusammenhänge erinnert, die in Vergessenheit geraten waren, zum Beispiel in der uns nicht mehr recht verständlichen Diskussion darüber, welcher physikalische Vorgang eigentlich mit Horizontalseismometern registriert wird. Schmidt starb fast neunzigjährig 1929 in Stuttgart.

Anfang 1923 kam Wilhelm Hiller (Abb.4) im Alter von 24 Jahren nach einem Studium der Mathematik und Physik zur meteorologischen Abteilung des Statistischen Landesamtes, auch Württembergische Erdbebenwarte genannt. Hier traf er mit Mack zusammen, der ihn zu einer Untersuchung über damals kontrovers diskutierte Unterschiede in den Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Oberflächenwellen anregte. Nach Macks Ausscheiden wurde ihm die wis-

senschaftliche Betreuung der Erdbebenstationen übertragen. In seiner 1926 bei der Technischen Hochschule Stuttgart eingereichten Dissertation konnte er zeigen, daß Oberflächenwellen sich längs ozeanischen Wegstrecken signifikant schneller ausbreiten als im Kontinent. Er fand außerdem Laufzeitunterschiede zwischen Pazifik und Atlantik sowie zwischen den einzelnen kontinentalen Platten.

1929 folgte Hiller einem Angebot des württembergischen Staatsministeriums, mit der erneuerungsbedürftigen Hohenheimer Station in die großen Räume im Untergeschoß der ruhig gelegenen Villa Reitzenstein umzuziehen. In den folgenden Jahren baute Hiller hier eine der leistungsfähigsten Seismographenstationen der Welt auf. Mit großzügiger Unterstützung des Finanzministeriums konnte er Seismographen verschiedener Bauart und Vergrößerung installieren, so daß trotz der noch sehr beschränkten technischen Möglichkeiten insgesamt ein breiter Bereich von Amplituden und Frequenzen aufgezeichnet werden konnte.

Durch eine Verfügung des damaligen Reichsluftfahrtministeriums wurden im Jahre 1934 die damaligen Länderwetterdienste zum Reichswetterdienst zusammengefaßt. Beim Statistischen Landesamt verblieb nur noch die Abteilung Geophysik, deren Leiter W. Hiller nun wurde. Nach außen

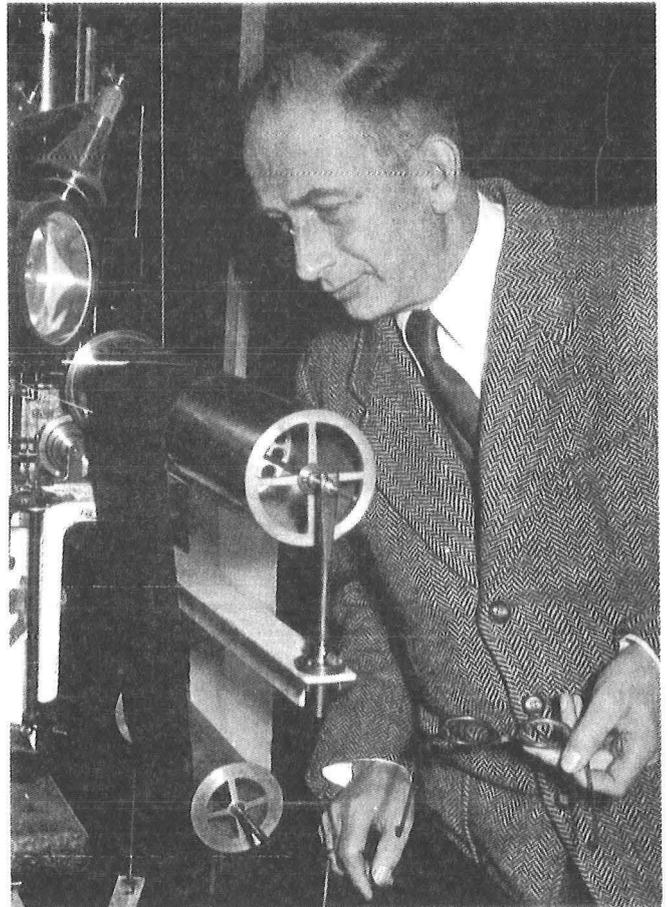


Abb. 4: Dr. Wilhelm Hiller (1899-1980), Leiter der Abteilung Geophysik des Statistischen Landesamtes und o. Professor für Geophysik an der Technischen Hochschule Stuttgart.

hin bezeichnete Hiller seine Abteilung stets als "Württembergischen Erdbebendienst" und nach Gründung des Südweststaates als "Landeserdbebendienst Baden-Württemberg", bis diese Namen schließlich offiziellen Charakter angenommen hatten.

Wie seine Vorgänger widmete sich auch Hiller der Entwicklung neuer Seismographen. Nach dem Krieg konstruierte er den Nahbebenseismographen Typ "Stuttgart", der von der Feintechnikschule Schwenningen und später von der Firma Askania in Berlin hergestellt wurde. Sein Assistent Hans Berckhmer ersetzte nach 1955 die im Betrieb teure photographische Registrierung durch eine Rußregistrierung, wozu er zunächst einen magnetischen Verstärker, dann einen der ersten Transistorverstärker für Seismographen konstruierte.

Trotz seines Interesses an Instrumenten verstand sich Hiller als Erdbebenforscher. Im Mittelpunkt seiner Aufmerksamkeit standen die Beben Süddeutschlands. Eingehend wurden von ihm das Rastatter Beben von 1933, das Oberschwäbische Beben von 1935 und die Beben der Schwäbischen Alb bearbeitet. Erstmalig hat er für Mitteleuropa aus Seismogrammanalysen mögliche Orientierungen der Erdbebenbruchflächen ermittelt und sie in Zusammenhang mit rezenten tektonischen Spannungsfeldern gebracht. Seine Ergebnisse und Abbildungen aus dieser Zeit (1931-1935) wurden in Fachartikeln oft zitiert und in Lehrbücher übernommen. Nach dem Zweiten Weltkrieg war Hiller der führende Erdbebenforscher in Deutschland; seine jüngeren Mitarbeiter wurden zu prominenten Vertretern der nachfolgenden Seismologengeneration. Das Stuttgarter Seismogrammarchiv war durch die Kontinuität und Qualität der Aufzeichnungen weltweit bekannt.

Der U.S. Coast and Geodetic Survey übertrug Hiller 1961 eine Station des Worldwide Standardized Seismograph Network (WWSSN). Dieses weltweite Seismographennetz bezweckte zwar in erster Linie die Überwachung von unterirdischen Kernwaffentests, doch hat es auch der globalen Seismologie während eines Vierteljahrhunderts hervorragende Dienste geleistet.

1962 wurde Hiller auf den neu geschaffenen Lehrstuhl für Geophysik an der Technischen Hochschule Stuttgart berufen, aus dem bald das heutige Institut für Geophysik hervorging. Er blieb in Personalunion Leiter der Abteilung Geophysik des Statistischen Landesamtes, die dann nach seinem Ausscheiden 1969 dem Institut für Geophysik eingegliedert wurde. Den Erdbebendienst für den badischen Landesteil hatte zu diesem Zeitpunkt de facto schon das neugegründete Geophysikalische Institut der Universität Karlsruhe unter Hillers früherem Assistenten Stephan Müller übernommen.

Nachfolger von Hiller wurde 1969 Klaus Strobach, der vorher an der FU-Berlin tätig gewesen war. Unter seiner Leitung wurden die Erdbebenstationen den neuen technischen Möglichkeiten angepaßt. Rund um das Herdgebiet Hohenzollerngraben entstand ein dichtes Stationsnetz mit Standpunkten in Beuren, Mössingen, Kreßbach, Tailfingen, Hausen im Lautertal, Hohentengen und Engstlatt. Diese Stationen waren ausgerüstet mit von Strobach selbst entwickelten Nahbebenseismometern, zusätzlichen Be-

schleunigungsmessern und einer Magnetband-Registrierung. Weiterhin entstand in Zusammenarbeit mit dem Geophysikalischen Institut der Universität Karlsruhe und den Instituten für Geodäsie in Stuttgart und Karlsruhe 1972 das "Geowissenschaftliche Gemeinschaftsobservatorium" im Heubachtal bei Schiltach. In einem tief in das kristalline Gebirge reichenden Stollen können hier unter sehr vorteilhaften Umgebungsbedingungen, wie niedrige Bodenunruhe, große Temperaturkonstanz und minimale Luftdruckschwankungen, Erdbeben- und Gezeitensignale mit hoher Störfreiheit aufgenommen werden. Das vorerst letzte große seismische Ereignis im Gebiet des Stationsnetzes war das Albbeben vom 3. Sep. 1978, das wiederum in mehr als einem Dutzend Publikationen bearbeitet wurde. Trotz der großen Stationsdichte wurden keinerlei Vorläufer des Bebens beobachtet.

Neben der Erdbebenseismologie wurden am Institut für Geophysik die Ingenieurseismologie (Götz Schneider), die physikalische Vulkanologie (Rolf Schick), die magnetische Vermessung der Uracher Vulkane (Otto Mäussnest) und die Geodynamik (Klaus Strobach) gepflegt; die ersten beiden Arbeitsgebiete bestehen bis heute. Klaus Strobach wurde 1988 durch Erhard Wielandt abgelöst. Durch ihn sind zwei von Hillers Interessengebieten, die Interpretation seismischer Oberflächenwellen und die Seismographenkonstruktion, weiterhin am Institut vertreten. Theoretisch-numerische Arbeiten zur Ausbreitung von seismischen Wellen in heterogenen Medien, die vor allem von W. Friederich vorangetrieben werden, bilden einen neuen Schwerpunkt der Institutsarbeit.

Leider ist aber auch ein wesentliches Arbeitsgebiet verlorengegangen. Genau 100 Jahre nach der Inbetriebnahme der ersten Erdbebenwarte in Hohenheim beschloß die Landesregierung im Jahr 1993, den zwischen Karlsruhe und Stuttgart geteilten, inzwischen technisch teilweise wieder veralteten Erdbebendienst in einer einzigen staatlichen Dienststelle, dem Geologischen Landesamt in Freiburg, zusammenzufassen und in bescheidenem Umfang neu auszustatten. Seither verfügt das Land über einen zwar modernen und schnell reagierenden, aber durch Routineaufgaben weitgehend ausgelasteten Erdbebendienst. Die Erforschung der regionalen Erdbebenherde durch das Stuttgarter Institut hat dadurch vorerst ein Ende gefunden.

Zur seismischen Registriertechnik

Wir würden an dieser Stelle gerne berichten, daß die 1893 in Hohenheim - 13 Jahre nach der Aufzeichnung des ersten Seismogramms durch englische Gastwissenschaftler in Japan und 4 Jahre nach der ersten Aufzeichnung eines Fernbebens durch Ernst v. Rebeur-Paschwitz in Potsdam - aufgestellten Seismometer den damaligen Stand der Technik repräsentiert hätten. Aber das war nicht die Absicht der Erdbebenkommission; das Ziel war bescheidener. Man wollte "vergleichende Versuche bezüglich der Empfindlichkeit der einfacheren und billigeren Seismometer" anstellen im Hinblick auf eine spätere "Massenverbreitung" im Gebiet des Oberrheinischen Geologischen Vereins. So beschaffte man keine Seismographen, sondern Stoßanzeiger, an denen man nach einem Beben die Stärke und Richtung der maximalen Bodenerschütterung hoffte able-

sen zu können. Die Beschränkung auf diese relativ einfachen Geräte hatte nicht nur wirtschaftliche Gründe: tatsächlich wußte man damals mit der Informationsfülle einer seismographischen Aufzeichnung noch nichts anzufangen.

Über Jahrhunderte hinweg hatte die Wissenschaft "Erdbeben" mit "Erdstoß" gleichgesetzt, also mit einer plötzlichen, von einem Herdgebiet ausgehenden, einmaligen Bodenbewegung, die normalerweise vom Herd weg gerichtet sein sollte. Für das komplizierte Aussehen der wenigen publizierten Seismogramme gab es keine Erklärung. Man wußte weder, ob die aufgezeichneten Signale reale Bewegungen des Untergrundes oder nur Eigenschwingungen der damals noch ungedämpft schwingenden Registriergeräte darstellten, noch, ob es außer Stärke, Richtung und Zeit des Stoßes überhaupt etwas Wesentliches aufzuzeichnen gab. Dementsprechend wurden bis zur Jahrhundertwende zur Erdbebenregistrierung überwiegend Stoßanzeiger verwendet.

Karl Mack beschreibt 1893 die sechs Instrumente der Erstausrüstung wie folgt:

Nr. 1, ein Quecksilberseismometer nach Lepsius, enthielt eine zentrale, mit Quecksilber randvoll gefüllte Glasschale. Bei einem Beben sollte das Quecksilber entsprechend der Stoßrichtung in eine von 16 rundherum angeordneten Vertiefungen schwappen. Das Instrument erwies sich als zu wenig empfindlich.

Bei Nr. 2, dem Pendelapparat nach H.O. Lang, sollte ein Messingpendel Holzklötzchen verschiedener Größe, die mit den Himmelsrichtungen bezeichnet waren, in einen Trichter werfen, wo man dann die Aufeinanderfolge verschiedener Ausschläge abzulesen hoffte. Auch dieses Gerät war nicht empfindlich genug.

Nr. 3, der Pendelapparat nach F. Pfaff, bestand aus einer glockenförmigen Bleimasse, die auf ein Spitzenlager aufgesetzt war. Die Schwingungen der Bleiglocke wurden durch einen vertikal nach oben gerichteten Zeiger vergrößert und in eine berußte, feststehende Glasplatte eingeritzt.

Nr.4 war ein von August Schmidt nach dem Vorbild von F. Zöllner gebauter Horizontalpendelapparat. Hiermit bezeichnet man Pendel, die ähnlich wie eine Tür um eine annähernd vertikale Achse, also in in einer fast horizontalen Ebene, schwingen. Solche Pendel können sehr empfindlich gegen Neigungen und horizontale Beschleunigungen ihrer Basis gemacht werden. Das Meßprinzip wurde um 1830 vom schwäbischen Pfarrer Hengler erfunden. Bei einem Ausschlag verschoben die Pendel Reiterchen auf einem Draht. Es waren drei Pendel vorhanden, die in der Orientierung um 45 Grad gegeneinander versetzt waren. Da man die Gleich- oder Gegenphasigkeit der Pendelschwingungen nachträglich nicht mehr beurteilen konnte, hätte man mit nur zwei Pendeln nicht zwischen den beiden Diagonalrichtungen unterscheiden können. Der Apparat war so empfindlich, daß er durch einen Glaskasten gegen Luftzug geschützt werden mußte.

Nr. 5 war ein von August Schmidt konstruiertes Vierfach-Seismometer, das für die Horizontalkomponenten der Bewegung aus dem eben genannten Grund drei um 120 Grad versetzte, an V-förmigen Fäden aufgehängte gewöhnliche Pendel enthielt. Zur Messung der Vertikalbewegung war ein Federpendel vorhanden. Die Pendelbewegung wurde mit Hebeln vergrößert, durch die wiederum Reiterchen verschoben wurden.

Gerät Nr. 6, ein von Karl Mack konstruiertes Pendel, diente der Zeiterfassung. Es startete beim Eintreten einer Bodenerschütterung eine vorher genau auf 12 Uhr eingestellte Pendeluhr und ließ gleichzeitig eine elektrische Klingel in der Wohnung des Beobachters ertönen. Dieser eilte zuerst zu der im Gebäude befindlichen astronomischen Uhr, stellte dort seine Taschenuhr

genau ein und begab sich dann in die Erdbebenstation, wo er durch einen Uhrvergleich die Zeit des Kontaktschlusses auf einige Sekunden genau bestimmen konnte.

Die Stunde der Wahrheit kam am 14. April 1895 gegen Mitternacht, als das Erdbeben bei Laibach (Ljubljana) die Alarmanlage auslöste. Angesprochen hatten die drei Pendelapparate nach Pfaff, Zöllner und Schmidt. Zwei davon ließen eine hin- und hergehende Bodenbewegung von etwa einem Millimeter Amplitude in der Linie NNE-SSW erkennen, der dritte eher in der Linie NNW-SSE. Das Federpendel des Schmidtschen Apparats zeigte zusätzlich eine vertikale Bodenbewegung an. Kopfzerbrechen verursachte Mack die Beobachtung, daß der größte Ausschlag eher zum Herd hin (südöstlich) zu zeigen schien anstatt von diesem weg; die "Erdstoß"-Hypothese war noch nicht überwunden. Tatsächlich wurden die von Mack beobachteten Ausschläge sicher durch Oberflächenwellen verursacht, die keinen stoßartigen Charakter haben und deren Maximalamplitude jede Richtung besitzen kann.

Rückblickend schreibt Mack 1927 nach seiner Emeritierung, *"daß die in Hohenheim gemachten Erfahrungen auf die Notwendigkeit hinwiesen, die alten primitiven Instrumente durch moderne leistungsfähigere zu ersetzen"*. Zunächst wurden die Horizontalpendel als die empfindlichsten Instrumente mit einer kontinuierlichen Registrierung auf berußtem Papier versehen. In diese wurden Minutenmarken von einer genau gehenden Pendeluhr im Physikalischen Kabinett der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim eingeleitet. Die Masse der Pendel war jedoch zu klein, um eine ausreichende Vergrößerung zu erzielen. Mit einiger Verwunderung stellte Mack fest, daß seine Horizontalpendel Fernbeben zuverlässiger anzeigten als Nahbeben. Dies liegt, wie wir heute wissen, an ihrer langen Eigenschwingungsperiode und der wegproportionalen Registrierung, durch die sie besser auf die langsameren Schwingungen größerer Beben abgestimmt waren als auf die schnellen Schwingungen kleiner Nahbeben.

Nach den Plänen des Straßburger Geographen Gerland war, wie erwähnt, Hohenheim zur Erdbeben-Hauptstation für Württemberg ausersehen worden. Die neue Erdbebenwarte wurde mit zwei Horizontalpendeln nach Omori-Bosch (Abb.5) ausgerüstet, die man nach Plänen des Straßburger Herstellers Bosch in Stuttgart bei der Firma Tesdorpf hatte bauen lassen. Sie waren im rechten Winkel zueinander an den Wandflächen eines Steinsockel montiert. Abb.6 zeigt eine der ersten Registrierungen.

Für die Aufzeichnung der vertikalen Bodenbewegung war auf einem zweiten Sockel ein Schmidtsches Trifilargravimeter aufgestellt, ein leichtes, äußerst empfindliches, allerdings heute nicht mehr gebräuchliches Instrument. Seine Konstruktionsidee war vom Gaußschen Bifilarmagnetometer übernommen, mit dem Schwankungen des erdmagnetischen Feldes registriert wurden. (Übrigens haben solche Magnetometer, wie später festgestellt wurde, unbeabsichtigt schon vor 1880 gelegentlich Erdbeben registriert.) Im Trifilargravimeter war eine horizontale Kreisscheibe an drei Fäden und einer Schraubenfeder aufgehängt. Durch eine einstellbare Torsion der Feder drehte sich die Scheibe aus ihrer Ruhelage heraus. Bei geeigneter Wahl des Torsionswinkels wurde die Stellung der Scheibe sehr empfind-

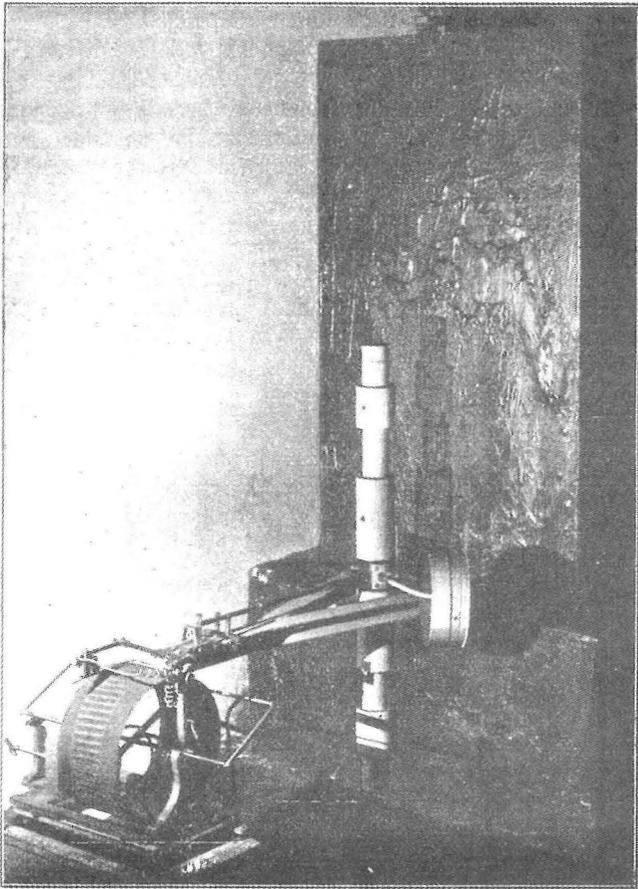


Abb. 5: Einer der beiden Horizontalseismographen nach Omori und Bosch in der Hohenheimer Erdbebenwarte. Die Aufnahme stammt aus dem Jahr 1909. Die Wirkungsweise ist bei WIELANDT & SCHICK (1994) beschrieben.

lich gegen Änderungen des Scheibengewichts und damit auch gegen vertikale Bodenbeschleunigungen. Dies ist ein frühes Beispiel für die bei Seismographen auch heute noch übliche Astasierung, d.h. die Verringerung der rücktreibenden Kraft einer Feder durch eine zusätzliche destabilisierende Kraft. Die Drehung der Scheibe wurde photographisch registriert. Eine Schwäche des Trifilargravimeters war seine Empfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen; sie machte es schwierig, die Registrierspur überhaupt im Bereich des Photopapiers zu halten. (Temperaturunempfindliche Federlegierungen waren erst nach 1930 erhältlich.) Von diesem Instrument sind im Archiv des Erdbebendienstes einige frühe Originalaufzeichnungen erhalten; vom Gerät selber existiert leider nur noch der Glaszylinder, der es vor Luftzug schützte.

Die weitere Geschichte der instrumentellen Ausrüstung der Erdbebenwarte sei nur noch kurz gestreift. Nach dem 1929 abgeschlossenen Umzug in den Keller der Villa Reitzenstein wurde die Erdbebenwarte unter Wilhelm Hiller zur leistungsfähigsten Seismographenstation in Deutschland ausgebaut. Die empfindlichsten Geräte waren damals die elektromagnetischen Seismographen nach Galitzin-Wilip. Später waren zeitweise bis zu 26 verschiedene Seismographen in Betrieb, jeder optimal auf eine bestimmte Aufgabe abgestimmt. Ein Mitarbeiter war ständig mit dem Berußen,

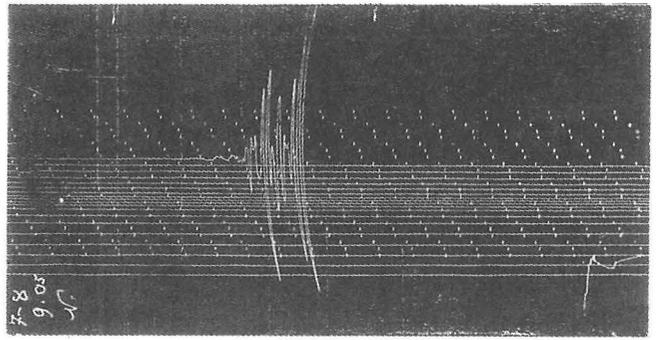


Abb. 6: Eine Registrierung des Omori-Bosch-Pendels vom 8. Sep. 1905. Der Herd des Bebens lag in Kalabrien; es hatte die Magnitude 7 und kostete 537 Menschenleben. Die großen Ausschläge stammen von der Oberflächenwelle. Die Raumwellen sind nur als schwache Kräuselung der Registrierspur vor der Oberflächenwelle sichtbar. Die Oberflächenwelle ist etwa zehnfach vergrößert, der Boden bewegte sich also um mindestens einen Zentimeter. Dabei blieb die Nadel am Papierrand hängen und die Registrierspur brach ab.

Auswechseln, Fixieren oder photographischen Entwickeln von Registrierstreifen beschäftigt. Vorzeigestück war das 1937 von Hiller eigenhändig aufgestellte 17-Tonnen-Pendel nach Wiechert mit 1200facher Vergrößerung. Besucher durften - noch 1965 - die gewaltige Masse mit einer Hühnerfeder berühren und die resultierende Auslenkung der Schreibnadel bestaunen. Aber zu dieser Zeit war das 17-Tonnen-Pendel nur noch ein Museumsstück. Die Elektronik hatte ihren Siegeszug angetreten und die Konstruktion von kompakten, einfach zu betreibenden Seismographen mit fast beliebig hoher Vergrößerung ermöglicht. Es bestand keine Notwendigkeit mehr, die mechanische Reibung oder die Trägheit einer Registriereinrichtung durch große Trägheitskräfte der seismischen Masse zu überwinden. Heute baut man Seismometer so klein wie möglich, um sie wirksam gegen störende Umgebungseinflüsse abschirmen zu können. Obwohl die Masse nur noch einige hundert Gramm wiegt, sind moderne Seismometer zehntausendmal empfindlicher als das 17-Tonnen-Wiechert-Pendel. Die Grenze der Meßempfindlichkeit liegt nicht mehr im Instrument selbst, sondern in der natürlichen und zivilisatorischen Bodenunruhe, von der schwache Erdbebensignale überdeckt werden. Der Seismologe ist nicht mehr wie früher durch die Mängel seiner Meßinstrumente eingeschränkt. Auf die 1893 beabsichtigte Massenverbreitung eines preisgünstigen Seismometers wartet er aber auch heute noch vergebens.

Eine ausführlichere Fassung dieses Aufsatzes ist unter dem Titel "Zur Geschichte der instrumentellen Erdbebenbeobachtung und Erdbebenforschung in Baden-Württemberg" in den Jahreshften der Gesellschaft für Naturkunde Württemberg, Heft 149 (1994), Seiten 75-98, erschienen.

Literatur

BERCKHEMER, H. & HILLER, W. (1960): Kurzperiodische Stationsseismographen mit Trägerfrequenzverstärker und mechanischer Registrierung. - Zeitschr. für Geophys. **26**: 1-8.

HILLER, W. (1934): Karl Mack (Nachruf). - Zeitschr. für Geophys. **10**: 1-2.

HILLER, W. (1960): Ernst Kleinschmidt (Nachruf). - Jh. Ver. vaterl. Naturkde Württemberg **115** (1. Nov. 1960): 4 S.

HILLER, W. (1969): Geophysikalische Arbeiten und Untersuchungen in Württemberg. Ein Rückblick bis um die Jahrhundertwende. - Jh. Ges. Naturkde Württemberg **124**: 58-64.

HILLER, W. (1970): Die Geophysikalische Abteilung. - in: 150 Jahre Amtliche Statistik in Baden-Württemberg: 327-342; Stuttgart (Stat. Landesamt Baden-Württemberg).

MACK, K. (1893): Die Einrichtung der Seismometerstation in Hohenheim. - Bericht über die XXVI. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins 1893: 40-51.

MACK, K. (1927): Geschichte der Hohenheimer Erdbebenwarte von ihren Anfängen bis zum Jahr 1925. - Württembergische Jahrbücher f. Statistik u. Landeskunde, Jg. 1925/26: 87-98.

SCHMIDT, A. (1890): Untersuchungen über zwei neuere Erdbeben, das schweizerische vom 7. Januar 1889 und das nordamerikanische vom 31. August 1886. - Jh. Ver. vaterl. Naturkde Württemberg **45**: 200-232.

SCHMIDT, A. (1909): Einiges aus der Erdbebenkunde. - Bes. Beilage des Staats-Anzeigers für Württemberg, Nr. 5: 65-75.

SCHNEIDER, G. (1980): Wilhelm Hiller. Erdbebenforscher, Hochschullehrer. (Nachruf). - Jh. Ges. Naturkde Württemberg **135**: 279-284.

SIEBERG, A. (1923): Erdbebenkunde. - Jena (Gustav Fischer Verlag).

WIELANDT, E. & SCHICK, R. (1994): Zur Geschichte der instrumentellen Erdbebenbeobachtung und Erdbebenforschung in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde Württemberg **149**: 75-98.

Geschichte des Geophysikalischen Institutes der Universität Karlsruhe (TH)

Helmut Wilhelm

Mit der Ernennung von Stephan Müller zum ordentlichen Professor für Geophysik wurde das Geophysikalische Institut der Universität Karlsruhe (TH) am 10. Sep. 1964 gegründet. Dieses Ereignis fand in einer Phase des Umbruchs der Geowissenschaften statt. Da keine traditionellen Denkmuster die Entwicklung prägen konnten, entwickelte sich in diesem neuen Institut schnell eine besondere Aufgeschlossenheit gegenüber den Vorstellungen der Plattentektonik, deren Folge eine fruchtbare und erfolgreiche Zusammenarbeit mit anderen an der Universität vertretenen Geofächern - Geologie, Geodäsie, Mineralogie, Petrologie, Geochemie, Boden- und Felsmechanik - war, obwohl diese Fächer zunächst über zwei Fakultäten (Naturwissenschaftliche und Ingenieurwissenschaftliche), ab 1968 über drei Fakultäten (Physik, Bio- und Geowissenschaften, Bauingenieurwesen) verteilt sind. Damals wurde der später so oft zitierte 'Geist von Karlsruhe' als Zeichen einer besonderen gegenseitigen Aufgeschlossenheit der Geofächer geprägt. Seine Väter waren Henning Illies und Stephan Müller.

Das Institut wurde der Fakultät für Physik zugeordnet, wo es zusammen mit den Instituten für Meteorologie bzw. Kristallographie besonders günstige Rahmenbedingungen für seine personelle und räumliche Entwicklung fand. Zugleich wurden durch diese Zuordnung Maßstäbe für die Ausbildung der Studierenden gesetzt, die sich auf die beruflichen Chancen der Absolventen des Karlsruher Geophysik-Studienganges positiv ausgewirkt haben.

Als Stephan Müller 1970 einen Ruf an die ETH Zürich als Nachfolger von Fritz Gassmann annahm, entstand für das erst sechs Jahre alte Institut eine kritische Situation: Die Fakultät für Physik stand vor der Entscheidung, ob sie durch eine Wiederbesetzung des Lehrstuhls die begonnene

Entwicklung des Faches Geophysik fortsetzen sollte oder ob sie ein anderes physikalisches Fachgebiet durch Umwidmung des Lehrstuhls stärken sollte. Mit der Entscheidung, Karl Fuchs, der einen Ruf an die Technische Universität Berlin erhalten hatte, als Nachfolger von Stephan Müller zu berufen, entschied sich die Fakultät für Physik in Anerkennung der in der Aufbauphase geleisteten Arbeiten für die Weiterführung des Faches Geophysik.

Durch den Weggang von Gerhard Müller als Folge eines Rufes auf einen Lehrstuhl der Universität Frankfurt und die Berufung von Helmut Wilhelm als Nachfolger erfuhr das Institut im Jahr 1980 eine personelle Veränderung, durch die das Arbeitsgebiet des Institutes auf nichtseismische Verfahren erweitert wurde. Um der wachsenden Bedeutung der Angewandten Geophysik Rechnung zu tragen, erklärte sich die Fakultät für Physik bereit, einen freiwerdenden Lehrstuhl in die Geophysik umzuwidmen. Auf diesen Lehrstuhl für Angewandte Geophysik wurde Peter Hubral 1986 berufen. Die damit verbundenen Hoffnungen auf engere Beziehungen zur Explorationsindustrie haben sich eindrucksvoll in der Praxis bestätigt. Eine weitere personelle Verstärkung erfuhr das Institut 1994 durch die Berufung von Friedemann Wenzel auf eine C4-Fiebiger-Professur als Nachfolger von Karl Fuchs.

Wissenschaftliche Themen 1964-1995

Von Beginn an ist die seismische Tiefensondierung ein Hauptarbeitsgebiet des Institutes gewesen. In einer grundlegenden Arbeit postulierten Stephan Müller und Landismann 1966, daß weltweit Zonen erniedrigter Geschwindigkeit in der Erdkruste existieren. Der Nachweis derartiger kristaler Niedriggeschwindigkeitskanäle und die physikali-

sche und petrologische Interpretation ihrer Ursachen sind daher ein Hauptanliegen der Arbeiten in den ersten Jahren des Institutes gewesen. Mit dem DFG-Schwerpunkt "Oberer Erdmantel" wurden Anfang der siebziger Jahre die refraktionsseismischen Untersuchungen auf den Erdmantel ausgedehnt. In Zusammenarbeit zwischen den geophysikalischen Instituten in Karlsruhe, Paris und Zürich wurde zunächst die seismische Struktur des oberen Erdmantels auf einem Profil, das sich von der Bretagne bis zum Mittelmeer erstreckte, erkundet. Später folgten entsprechende Untersuchungen auf Langprofilen in Großbritannien, Skandinavien, Israel und Jordanien. In der Zwischenzeit wurde die Bundesrepublik mit einem dichten Netz von refraktionsseismischen Profilen überdeckt, und es gelang der Nachweis, daß die P-Wellengeschwindigkeit im oberen Erdmantel von Süddeutschland eine azimutale Abhängigkeit aufweist, die als Effekt einer elastischen Anisotropie, bedingt durch eine Vorzugsorientierung von Olivinkristallen, gedeutet werden konnte. Eine weitere überraschende Entdeckung der tiefenseismischen Forschung war das Auftreten einer Wechsellagerung von Hoch- und Niedriggeschwindigkeitszonen im oberen Erdmantel und eine Zunahme der mittleren Geschwindigkeit mit der Tiefe, die mit der erwarteten Druck- und Temperaturzunahme nicht in Einklang gebracht werden konnte.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt war von der Institutsgründung an die Erdbebenforschung im Gebiet des Oberrheingrabens, die nach Aufstellung eines Stationsnetzes im Schwarzwald in Zusammenarbeit mit den Instituten in Zürich und Straßburg betrieben wurde. Schon bald zeichnete sich eine deutliche Asymmetrie der Hypozentren zwischen Vogesen, Rheingraben und Schwarzwald ab. Besondere Beachtung fand die Tatsache, daß sich im Bereich des südlichen Schwarzwaldes die Erdbebenherde bis tief in die Unterkruste erstrecken. Als im Rahmen der KTB-Vorerkundungen ein refraktionsseismisches und ein reflexionsseismisches Langprofil parallel zum Rheingraben über den Schwarzwald gelegt wurden, die durch drei weitere reflexionsseismische Profile ergänzt wurden, ergab sich die einmalige Möglichkeit, die Seismizitätsuntersuchungen mit seismischen Strukturuntersuchungen zu verknüpfen. Diese Arbeiten wurden in besonderem Maße durch den Sonderforschungsbereich 108 "Spannung und Spannungsumwandlung in der Lithosphäre" gefördert, der 1980 an der Universität Karlsruhe eingerichtet wurde. Mit dem Auslaufen des SFBs wurde das seismische Stationsnetz im Schwarzwald und im Rheingraben dem Geologischen Landesamt Freiburg übertragen.

Im Zusammenhang mit dem seismischen Stationsnetz ist das von den beiden Universitäten Karlsruhe und Stuttgart betriebene Geowissenschaftliche Gemeinschaftsobservatorium (BFO) besonders zu erwähnen. Im Heubachtal bei Schiltach im Schwarzwald gelegen, ist es weltweit eine der ruhigsten seismischen Stationen. Der Schwerpunkt der dort durchgeführten seismischen Untersuchungen liegt bei der Analyse langperiodischer Oberflächenwellen und der Eigenschwingungen der Erde. Die hier durchgeführten Messungen erlauben die Bestimmung von Eigenperioden toroidaler Grundmoden, die bisher nur theoretisch vorhergesagt worden sind. Andere Eigenschwingungsperioden konnten

mit besonders großer Genauigkeit bestimmt werden, so die Perioden der rein radialen Eigenschwingung ${}_0S_0$ und der längsten überhaupt existierenden Eigenschwingung ${}_0S_2$ der sog. 'football-mode'. Weitere Untersuchungen gelten der durch Heterogenitäten und den asphärischen Aufbau der Erde verursachten Kopplung von toroidalen und sphäroidalen Moden und den dadurch entstehenden Fokussierungs- und Defokussierungseffekten bei Oberflächenwellen. Zahlreiche Untersuchungen beschäftigen sich auch mit Fragen der Analyse und Interpretation von Erdzeitenregistrierungen. Als besonders fruchtbar hat sich dabei die enge Zusammenarbeit der geophysikalischen und geodätischen Institute der beiden Universitäten Stuttgart und Karlsruhe erwiesen, die dieses Observatorium personell tragen.

Ein besonderer Schwerpunkt der seismischen Arbeiten am Institut war über die Jahrzehnte hinweg die Berechnung von Seismogrammen für vorgegebene Quellfunktionen und Erdmodelle: Das erste synthetische Seismogramm für ein horizontal gelagertes Medium mit variabler Tiefenverteilung der elastischen Moduln und der Dichte wurde 1968 von hier aus mit der Reflektivitätsmethode am Deutschen Rechenzentrum in Darmstadt durch Karl Fuchs erzeugt. Inzwischen wurde die Reflektivitätsmethode mit einem Finiten-Differenzen-Algorithmus gekoppelt, so daß die Wellenausbreitung auch in lateral heterogenen Medien untersucht werden kann. Außerdem wurde das Programm auf die Anwendung bei anisotropen Medien erweitert.

Eine wesentliche Erweiterung des Anwendungsbereichs der Reflektivitätsmethode brachte die Einbeziehung kugelförmiger Medien durch Gerhard Müller. Eine Transformation von Geschwindigkeit und Tiefe ermöglichte es, die radiale Abhängigkeit der Geschwindigkeiten statt in einem kugelförmigen Erdmodell in einem entsprechenden ebenen Modell zu betrachten. Mit diesem Verfahren konnte die Reflektivitätsmethode auch auf Diffraktionen an der Kern-Mantel-Grenze angewandt werden. Durch Modellierung der Amplituden der PKIKP-Phasen gelang es außerdem, die S-Wellengeschwindigkeit im inneren Erdkern auf 3 bis 4 km/s einzuschränken. Gegen Ende der siebziger Jahre beteiligte sich das Institut am interdisziplinären DFG-Schwerpunktprogramm "Hebung des Rheinischen Schiltes".

In den achtziger Jahren konzentrierten sich die Arbeiten des Institutes in erster Linie auf den Sonderforschungsbereich (SFB) 108 "Spannung und Spannungsumwandlung in der Lithosphäre" und auf das Kontinentale Tiefbohrprojekt (KTB). Ein wesentlicher Teil der Untersuchungen des SFBs galt den unterschiedlichen Typen der Grabenbildung. In internationaler Kooperation erstreckten sich die Arbeiten vom Rheingraben über das französische Zentralmassiv, den Jordan-Graben und das Rote Meer bis in das ostafrikanische Grabensystem in Kenia. Außerdem wurde ein wichtiger Beitrag zum europäischen Teil der Weltspannungskarte erarbeitet, die ein Projekt des Internationalen Lithosphärenprogramms darstellt.

In der KTB-Vorerkundungsphase hat sich das Institut mit seismischen, seismologischen und geothermischen Untersuchungen im Schwarzwald und im Rheingraben in besonderem Maße engagiert. Die Entscheidung fiel zwar zugun-

sten der Region Oberpfalz, u.a. wegen der zu erwartenden Temperaturzunahme mit der Tiefe, aber die Ergebnisse der Vorerkundungsuntersuchungen belebten die Diskussionen über die Struktur und Dynamik des Oberrheingrabens und der angrenzenden Gebiete, für die sich das Institut von Anfang an besonders interessiert hat, nachhaltig.

Mit den KTB-Voruntersuchungen hielt eine neue Arbeitsgruppe am Institut Einzug, die sich in den letzten Jahren besonders rasch und erfolgreich entwickelt hat - die Reflexionsseismik. Keine andere geophysikalische Methode ist in der Lage, bei geeignet gewählter Meßanordnung vergleichbar präzise Abbilder struktureller Eigenheiten des Untergrundes zu erzeugen. Besonders erfolgreich erwiesen sich die vom Institut durchgeführten kombinierten refraktions- und reflexionsseismischen Untersuchungen, wie sie bei der KTB-Vorerkundung im Schwarzwald exemplarisch durchgeführt worden sind.

Neben der Seismik, die über das gesamte Spektrum am Institut vertreten ist, existiert eine bohrlochgeophysikalische und eine geothermische Arbeitsgruppe. Während der Seismik eine Wellengleichung zugrunde liegt, ist für die Geothermik, wie im Fall langsam variierender geoelektrischer und geomagnetischer Felder, eine Diffusionsgleichung maßgebend. Aktive Verfahren zur thermischen Untergrunderkundung beruhen auf künstlich erzeugten transienten Störungen in Bohrungen. Die geothermische Arbeitsgruppe des Institutes befaßt sich mit Anwendungsmöglichkeiten dieses Temperaturangleichsverfahrens, die im Hinblick auf die Existenz eines konvektiven Wärmetransportes im Untergrund besondere Bedeutung erlangen.

Mit der Berufung von Friedemann Wenzel als Nachfolger von Karl Fuchs tritt das Institut in eine neue Phase, und es gilt, die bisherigen wissenschaftlichen Ziele zu überdenken und eventuell neue Arbeitsrichtungen aufzunehmen. Zukünftige Arbeiten werden sich mehr als bisher mit den für die menschliche Gesellschaft relevanten Konsequenzen der Evolution und Dynamik der Lithosphäre befassen. Dazu gehört etwa der Ausbau der Starkbeben- und Ingenieurseismologie und eine verstärkte Kooperation mit den Ingenieurwissenschaften im Rahmen des SFB 461 "Starkbeben: Von geowissenschaftlichen Grundlagen zu Ingenieurmaßnahmen".

Das Geophysikalische Institut der Universität Karlsruhe ist in einer Zeit des Aufbruches in den Geowissenschaften gegründet worden. Es hat in der seit seiner Gründung vergangenen Zeit zur Entwicklung der Geophysik und darüber hinausgehend zur Entwicklung geowissenschaftlicher Vorstellungen beigetragen. Voraussetzung dafür war neben der richtungsweisenden Anregung durch die Projektleiter auch immer ein ausgeprägter Teamgeist.

Das Institut hat für seine Forschungsarbeit sehr wesentliche Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, durch das Bundesforschungsministerium und durch das Ministerium für Wissenschaft und Kunst des Landes Baden-Württemberg erhalten. Voraussetzung für den Erfolg der Arbeiten des Institutes ist aber auch die Aufgeschlossenheit der Fakultät für Physik für das Fach Geophysik, sowie der Verbund der Geowissenschaften an der Universität Karlsruhe (TH).

DRITTES KAPITEL

GROSSE GEOPHYSIKALISCHE PROJEKTE

Die Geophysik im Kontinentalen Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB) aus der Sicht eines Geologen

Hans-Jürgen Behr

Über Ziele, Ergebnisse und Verlauf des KTB als einem der finanziell und technisch aufwendigsten deutschen geowissenschaftlichen Großforschungsprojekte wurde in den letzten 10 Jahren so umfangreich informiert, daß es wenig sinnvoll erscheint, an dieser Stelle eine weitere, zwangsläufig unvollständige Zusammenfassung hinzuzufügen. Die geophysikalische Forschung hat aber im Projekt eine so große Rolle gespielt, daß ein Rückblick auf die Entwicklung der Geophysik in Deutschland ohne Einbeziehung der mit dem KTB gewonnenen Erfahrungen unvollständig wäre. Der Verfasser hatte Gelegenheit, das Projekt in verschiedenen Funktionen zu begleiten und besonders an der Vorbereitungs- und Startphase mitzuwirken. Er will daher aus seiner Sicht einige allgemeine Entwicklungen festhalten, die sich für die innere Struktur der geowissenschaftlichen Gemeinschaftsforschung in Deutschland und die kontinentale Krustenforschung im besonderen durch das Zusammenwachsen von Geophysik mit Geologie-Mineralogie-Geochemie im Ablauf des Projektes ergeben haben.

Bereits in den ersten Vorgesprächen der am KTB-Initiativkreis Beteiligten und natürlich später in der Geokommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie in den von ihr eingesetzten Arbeitsgruppen wurden drei sehr unterschiedliche Argumentationsketten sichtbar, die aber alle für ein geowissenschaftliches Großprojekt sprachen:

- Eine rechtzeitige und deutliche nationale Beteiligung an klar erkennbaren neuen Trends in der kontinentalen Krustenforschung, die wegen des hohen methodischen Aufwands für einzubeziehende Großexperimente auch die internationale Kooperationen anregen und fördern würden.

- Die technologischen Herausforderungen, die an Bohr- und Meßtechnik für größere Krustentiefen und erhöhte Temperaturen zu stellen waren, wurden auch vor dem Hintergrund gesehen, daß sich künftig die Explorationstätigkeit in immer größere Tiefen verlagern wird und sich ein gewinnbarer Vorlauf an zukunftsorientiertem Technologiebedarf und 'know how' als wertvoller 'spin-off-Effekt' erweisen könnte.

- Die Erwartung, daß mit einem Großprojekt der zunehmenden Aufsplitterung, Spezialisierung und Individualisierung in der deutschen geowissenschaftlichen Landschaft entgegenzuwirken sei, Akzente für schlagkräftige Teamarbeit und fachübergreifende Zusammenarbeit gesetzt werden könnten und daß die allgemeine Unruhe und Diskussion um ein Projekt dieser Größenordnung anderen Initiativen nur förderlich sein würde.

Nach Abschluß des KTB, das einschließlich der Vorbereitungsperiode eine Laufzeit von 19 Jahren hatte (1977-1996) mit einer aktiven Bohr- und Auswertungsphase von etwa 10 Jahren (1986-1996) und einer Bohrzeit von 1468 Tagen, sind in allen drei Bereichen beachtliche Resultate vorzuweisen. Während aber die harten geowissenschaftlichen und technologischen Ergebnisse in mehr als 2000 Publikationen, durch anerkannte internationale Gremienarbeit und neuentwickelte Produkte der Bohr- und Meßtechnologie direkt faßbar sind, ist die Auswirkung des KTB auf das Denken, Planen, Handeln der Wissenschaftler selbst nur 'atmosphärisch' wahrzunehmen. Im folgenden soll besonders auf diesen Aspekt eingegangen werden, der am Verhältnis zwischen Geophysik und Geologie gut nachzuvollziehen ist.

In den Geowissenschaften der westdeutschen Länder spielte seit jeher und traditionell die individuelle Universitätsforschung an einer Vielzahl von Standorten und Instituten bei regionalen und personalpolitischen Besonderheiten und ständig zunehmender Spezialisierung eine sehr große Rolle. Die 'Geokommissare' der DFG-Kommission für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben haben es deshalb auch stets als eine vornehme Aufgabe angesehen, neben der Förderung der Vielfalt die gemeinsamen Interessen zu bündeln und mit entsprechenden Projekten zu fördern. Jedoch nur in der Industrie und in den Geobehörden hatte der Zwang zur Zusammenarbeit eine stärkere Verflechtung von Geophysik und Geologie erzwungen. Auch durch die Projekte und Instrumente der deutschen marinen Geoforschung, der Beteiligung am Deep Sea Drilling Project (DSDP) und durch die Polarforschung am Alfred-Wegener-Institut waren neue Instrumente für Kooperation und Integration geschaffen worden. Für die kontinentale Krustenforschung war mit wenigen Ausnahmen vor dem KTB die Trennung von Geophysik und Geologie dagegen fast die Regel und begann sich zu einem schwerwiegenden Hemmnis im Zeitalter der Plattentektonik zu erweisen. Dazu trug auch bei, daß die rasche Entwicklung der seismischen Verfahren zu einem überlegenen Instrument in der Geophysik wurde und damit die der Geologie sehr viel leichter zugänglichen Potentialfeldmethoden als Brückenfunktion zwischen beiden Fächern in den Hintergrund traten, z.T. auch geradezu abwertend in Frage gestellt wurden. Die rasche Profilierung der Geophysik fiel außerdem mit einer deutlichen Schwäche der Strukturgeologie in jenen Jahren zusammen. Gerade hatte die Annäherung von Phasenpetrologie, Grundgebirgsgeologie und Altersdatierungen mit Verzögerung erste Erfolge für das Varistikum gebracht. Vom Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V. (FKPE), dem wissenschaftlichen Kopf der Geo-

physik, und von einigen Strukturgeologen wurde deshalb im Bewußtsein dieses Zustandes mit den Projekten KTB und DEKORP sehr gezielt die gegenseitige Berührung gesucht und gefunden.

In Ostdeutschland war in den Nachkriegsjahren die Entwicklung anders verlaufen. Durch die weitgehende Reduzierung der Geowissenschaften zur planwirtschaftlichen Größe der Ressourcenforschung erfolgte eine sehr enge Kooperation zwischen angewandter Geophysik und Geologie. Projekte geowissenschaftlicher Grundlagenforschung größeren Umfanges, die nicht unmittelbar der Ressourcenforschung dienten, waren dagegen in den zwei übriggebliebenen Universitätsinstituten für Geologie nicht mehr durchführbar, sondern den Institutionen der Deutschen Akademie der Wissenschaften vorbehalten. Allerdings wurden 1978 vom VEB Kombinat Geophysik Leipzig im Auftrag des Zentralen Geologischen Instituts (ZGI) als dem wissenschaftlichen Zentrum des Ministeriums für Geologie die ersten ca. 300 km Tiefenreflexionsprofile im Basement des Granulit- und Erzgebirges im Sinne methodischer Versuchsexperimente erfolgreich durchgeführt. Ein grundlegender Erkenntnisdurchbruch über Aufbau und Evolution der mitteleuropäischen Kruste konnte noch nicht erreicht werden.

Am 5. Mai 1977 begann in der Geokommission die erste Gesprächsrunde darüber, ob eine größere deutsche Initiative im Zusammenhang mit den in den USA formulierten Plänen für neue Forschungskonzeptionen in der kontinentalen Kruste einschließlich eines Einsatzes übertiefer Bohrungen möglich und sinnvoll sei. Nachdem die Beteiligung am amerikanisch initiierten DSDP sehr positiv war, sollte bei einer Neuorientierung der kontinentalen Krustenforschung erwogen werden, ob man diesmal aus wissenschaftspolitischen Gründen nicht von Anfang an mit einem eigenem Projekt dabei sein sollte. Am Anfang der wissenschaftlichen Überlegungen stand eine kritische Einschätzung des Standes der kontinentalen Krustenforschung im mitteleuropäischen Raum, zumal sich die deutsche Geologie nur zaghaft mit dem plattentektonischen Denken anfreundete. Das zeigte sich besonders im Umgang mit krustendynamischen Interpretationsansätzen. Einer der Gründe war sicher, daß in Mitteleuropa keine Erfahrung mit lebendiger Plattenrandtektonik zu gewinnen war, ein anderer bestand in den getrennten Wegen von Geophysik und Geologie. Die Basementaufbrüche von Harz, Erzgebirge, Thüringen, Rheinischem Schiefergebirge oder Schwarzwald gehören zu den Geburtsstätten der Geologie, sie wurden z.T. bereits seit über 200 Jahren geologisch kartiert und füllten als klassische Stätten mineralogischer, petrographischer, geologischer, lagerstättenkundlicher Forschung ganze Bibliotheken mit geowissenschaftlichen Beschreibungen und geotektonischen Theorien. In beiden deutschen Teilgebieten wurden nach 1945 im Varistikum kontinuierlich Detailarbeiten in voller fachlicher Breite und in großer Zahl mit klassischen Methoden weitergeführt, und auch die geologische Landeskartierung wurde, z.T. in dritter Neukartierung im Maßstab 1:25 000, vor allem im Osten intensiv betrieben. Auf den zahlreichen Treffen und Exkursionen zum Varistikum beklagte man jedoch die Stagnation in den Interpretationen und wartete auf einen

Durchbruch zum Verständnis des kaledonisch-varistischen Basements. Der Mangel an Tiefenaufschlüssen war sicher ein objektiver Grund dafür.

Eines der Treffen, auf denen damals 'gesamtdeutsch' heftig zu diesem Thema gestritten wurde, war z.B. das von der Leopoldina 1974 im damaligen Karl-Marx-Stadt unter A. Watznauer veranstaltete Franz-Kossmat-Symposium. Da wurden zwischen den deutschen Varistikern noch Wetten darüber abgeschlossen, daß die Plattentektonik in wenigen Jahren überholt sein würde und für das europäische Krustenfeld keinerlei Bedeutung habe.

Einige wenige Ereignisse und Namen, die für den Strukturwandel auf dem Weg zum KTB im eigenen Erleben des Verfassers wesentlich waren, sollen im folgenden festgehalten werden:

- Von W. Schreyer und seiner späteren Bochumer Petrologenschule war die Phasenpetrologie in enger Verknüpfung mit geologischen Fragestellungen am W-Rand der Böhmisches Masse überzeugend schon im Vorfeld und motivierend eingesetzt worden. Von G. Voll wurde ein exaktes petrographisch/gefügekundliches Arbeiten in der gleichen Region beispielhaft vorgeführt. Beide kamen aus der Münchner Grundgebirgsgeologie von G. Fischer. Ergänzt durch die geologische Arbeitsgruppe von K. Weber (Göttingen), G. Stettner (Bayerisches Geologisches Landesamt) und den Geophysikern H. Gebrande, H. Soffel (beide München) und F. Rummel (Bochum) fand sich eine sehr aktive und wissenschaftlich 'mutige' 'pressure group' in der Oberpfalz, schon bevor eine Förderung in Aussicht war, zusammen.

- Die Würzburger Petrologengruppe um S. Mathes und später M. Okrusch trug mit ihren thermobarometrischen Daten aus dem exotischen Münchberger Gneiskörper, die für die damaligen Vorstellungen kaum glaubhaft erschienen, ganz wesentlich zu neuen geologischen Modellvorstellungen im Varistikum bei.

Da die Rekonstruktion von P/T-Pfaden ohne Altersdatierungen der Ereignisse und deren Zuordnung zu tektonischen Großprozessen wenig Sinn macht, kam von der Petrologie die Forderung zum Aufbau entsprechender Labore. Besonders das Zentrallabor für Geochronologie in Münster mit B. Grauert, das Labor der BGR in Hannover mit I. Wendt und in Heidelberg mit H.J. Lippolt begannen mit großer Initiative die ersten Daten vor allem aus der Oberpfalz und dem Schwarzwald zur Verfügung zu stellen.

- In Ostdeutschland wurde von A. Watznauer in Freiberg mit seinem im Granulit- und Erzgebirge arbeitenden gefügenderorientierten Schülerkreis die von F. Kossmat, K.H. Scheumann, A. Wurm u.a. entworfenen alpinotypen Baupläne für das Varistikum weitergetragen, obgleich damals autochthone Antideckentektonik modern war. Dies war auch ein besonderer Diskussionsstoff mit dem letzten Schülerkreis von H. Stille und S. v. Bubnoff an der Humboldt Universität in Berlin, der später besonders in den Institutionen der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Potsdam fortgesetzt wurde. Sehr umfangreiches und konzeptionell neues Material für das Varistikum wurde von dem Kreis um K. Pietzsch am ehemaligen Geologischen

Landesamt Freiberg erarbeitet, besonders durch das Kartenwerk im Maßstab 1:500 000 am N-Rand der Böhmisches Masse für die Kristallingebiete in der DDR und der CSSR.

- Ein wichtiges Ereignis im Vorfeld der späteren KTB-Diskussion war im Rückblick auch die 129. Tagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1977 in Göttingen mit ihrer Varistikum-Sitzung. Auf dieser Tagung wurden, gestützt auf struktureologische und tektonofazielle Analysen in der Münchberger Gneismasse im Vergleich zum Granulitgebirge und Deformationsanalysen am S-Rand des Rheinischen Schiefergebirges (SFB 110 in Göttingen), die älteren suprakrustalen Deckenkonzeptionen der Kossmat-Schule wieder aufgegriffen und mit intrakrustaler Subfluenz als großtektonischem Prozeß erweitert. Auf der gleichen Tagung wurden von P. Giese mit Belegen aus der Refraktionsseismik flach nach S einfallende Krustengroßstrukturen im Varistikum abgeleitet. Die geologische und geophysikalische Argumentation ergänzte sich auf dieser Tagung zu einem Modell mit kompressiven horizontaltektonischen intrakrustalen Strukturen im Varistikum, deren geodynamische Bedeutung damals noch eng an die Grenzen der Zonengliederung von Kossmat angeschlossen. Auf dieser Tagung begannen die z.T. sehr heftig geführten Diskussionen zwischen petrologisch-strukturell begründeten dynamischen Krustenmodellen und weniger dynamischen, die sedimentologisch/fazielle Argumente aus dem Oberbau in den Vordergrund stellten. Die geophysikalisch-geologisch ausgewogene Arbeitsweise von P. Giese war in den Folgejahren besonders wichtig für das Zusammenwachsen beider Fächer, z.B. im KTB, der Europäischen Geotraverse (EGT) und dem DEKORP.

- 1981 veröffentlichte R. Meißner auf der Basis reflexionsseismischer Profile für die varistische Front im Abschnitt der Faille de Midi und der Aachener Überschiebung den Entwurf einer *thin skin tectonic*, wie sie kurz vorher durch COCORP für die Appalachenüberschiebung in der westlichen Fortsetzung der europäischen Varisziden postuliert worden war. R. Meißner war ebenfalls einer der wenigen deutschen Universitäts-Geophysiker, die sich mit besonderer Intensität der geologischen Interpretation seismischer Krustenstrukturen annahmen. R. Walter vom Geologischen Institut in Aachen konnte mit seiner Gruppe einen gut mit der Oberflächengeologie verknüpfbaren Zusammenhang der geophysikalischen Strukturen mit den niedriggradigen paläozoischen Stockwerken herstellen und auf mögliche überschobene KW- und Metall-Potentiale in explorationsgeologisch noch beherrschbaren Tiefen hinweisen. Sehr wesentlich war, daß sich D. Betz von der BEB Erdgas und Erdöl GmbH mit modernen thrusttektonischen Interpretationsansätzen auf geophysikalisch-strukturelogischer Grundlage in diese Thematik einschaltete.

- Ein Integrationsversuch zwischen Geologie und Geophysik war mit dem Schwerpunkt "Vertikalbewegungen im Rheinischen Schild" in Karlsruhe unter H. Illies und K. Fuchs soeben abgeschlossen worden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen mit Extensionstektonik, Krustenspannungen und Refraktionsseismik waren in der Folgezeit eine der Haupttriebfedern für die Weiterentwicklung seismischer Methoden und Spannungsmessungen, z.B. mit Hilfe von

Bohrlochausbrüchen und deren späterer konzentrierter Einsatz im KTB. In der Vorbereitungsphase wurden als Lokationsvorschläge daher von Karlsruhe aus die Untersuchungen seismischer Herdmechanismen am Beispiel des Hohenzollerngrabens, und gemeinsam mit W. Wimmenauer aus Freiburg, das als besonders alt angesehene Krustensteinstück des Schwarzwaldes eingebracht.

1981 faßte die Vidal-Arbeitsgruppe im Auftrag der Senatskommission der DFG für geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung in den Mitteilungen XI der DFG ihre Überlegungen auf der Basis zahlreicher Arbeitsgruppensitzungen und Meinungserkundungen zusammen. In dem neugegründeten Internationalen Lithosphärenprogramm (ILP) war inzwischen das kontinentale Tiefbohrprogramm als ein Schlüssel- und Langzeitprogramm aufgenommen worden mit dem Coordinating Committee "Continental Drilling" unter Vorsitz von H. Vidal. Für die kontinentale Krustenforschung und die komplexe seismisch-geologische Methodik war das engagierte Eintreten von K. Fuchs in seiner Zeit als Präsident des ILP natürlich besonders wertvoll.

In der zweiten Jahreshälfte 1981 stellte das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) der DFG Mittel für die Vorerkundung eines KTB für zunächst vier Jahre zur Verfügung. Es wurde allmählich sichtbar, daß es sich um ein sehr umfangreiches und kostspieliges Programm handeln würde mit einer Größenordnung von mehreren hundert Millionen DM. Ein solches Vorhaben konnte nur vom BMFT gefördert werden und war vom "Gutachterausschuß für Großprojekte in der Grundlagenforschung" unter der Leitung von Prof. K. Pinkau (Garching) zu entscheiden. Diesem Ausschuß lag neben 8 Großprojekten aus der Physik und einem Neubau des Forschungsschiffes METEOR nun das KTB vor. Der Geophysiker W. Kertz aus Braunschweig gehörte dem Ausschuß an. W. Ziegler als Vorsitzender der Geokommission und H. Vidal vertraten das Projekt. Zu aller Überraschung wurde es ernsthaft geprüft und vor einer weiteren Entscheidung mit positiven Empfehlungen versehen. Dazu gehörte z.B., daß alsbald Trägerinstitutionen deutlich werden müßten, daß wirtschaftliche Tiefbohrungen in Zukunft wissenschaftlich besser genutzt werden müßten, daß Tiefbohrungen eine wichtige experimentelle und unerläßliche Methode für Geowissenschaftler darstellen und daß Personen aus dem Bereich der Geowissenschaften zu finden seien, die mit vollem Engagement einen wesentlichen Teil ihres wissenschaftlichen Lebens in ein solches Projekt investieren.

Damit begann die schwierige Suche nach einem geeigneten Träger für ein solches Projekt. In der Vorbereitungsphase übernahm zunächst die Alfred-Wegener-Stiftung mit dem Geologen und Geophysiker H. Closs (ehemals BGR) als Präsident und F. Goerlich (ehemals DFG) die Verantwortung. Jetzt begann eine bewegte Phase zähen Ringens um mögliche Trägermodelle, Leitungsebenen und Koordinationsstrukturen, die im Wechselspiel von Ämtern, Industrie, Gesellschaften, Gremien und Universitäten nicht ohne Delikatesse waren. Erstmal waren Berührungspunkte und gepflegte Abgrenzungen zu überwinden. Ohne die geduldige und sehr konstruktive Hilfe unserer Gesprächspartner aus dem BMFT, in der Anfangsphase vor allem die Herren

D. Kutschke und D. Renz, wäre es wohl kaum zu der Lösung gekommen, die sich am Ende mit dem Niedersächsischen Landesamt und der DFG als richtig erwies. Die Vorstellung, daß die Geowissenschaften mit einem 'big-science'-Projekt dieser Größenordnung antreten wollten, erschien vielen Kollegen völlig unrealistisch. Schon DFG-Antragssummen, die über 30.000 DM lagen, traute man sich damals kaum zu stellen. Besonders die Geologen waren bescheiden und bestaunten oft ehrfurchts- und neidvoll die wesentlich größeren Forschungsbudgets der Geophysik und Geochemie. Dies änderte sich mit zunehmender Methodenentwicklung allerdings auch in der Geologie bald. Wie oft sind wir am Beginn als Phantasten belächelt worden, die nicht besonders ernst zu nehmen sind, denn das Geld bekommen die ja doch nicht. Vieles änderte sich, als das Geld plötzlich erkämpft war.

Beschwerden aus dem Kreis der Geowissenschaften über zu geringe Informations- und Mitsprachemöglichkeiten am KTB führten jetzt dazu, daß zahlreiche Veranstaltungen, z.B. von der Alfred-Wegener-Stiftung, zusammen mit der Deutschen Geologischen Gesellschaft durchgeführt wurden. Auf der Sitzung am 19. Febr. 1981 in Braunschweig, in Vorbereitung eines Memorandums, wurden 40 Lokationsvorschläge aus dem Kreis der Geowissenschaften vorgelegt. Von vielen wurde die Meinung vertreten, statt einer einzigen Tiefbohrung solle man lieber das als 'MARTINI-Programm' 1968 gestartete Flachbohrprogramm fortsetzen, um es einer großen Zahl von Arbeitsgruppen zu ermöglichen, geologische Strukturen unterschiedlicher Natur besser zu erkunden. Dieses spätere Bundesbohrprogramm war ein Rohstoffforschungsprogramm des BMFT gewesen zur Entwicklung neuer, wirtschaftlicher Bohr- und Bohrlochmeßverfahren bis in Teufen von etwa 1500 m und zur regionalen Erkundung des Untergrundes der Bundesrepublik. Der Charakter des beabsichtigten Großforschungsprojektes und der daran gebundenen BMFT-Fördermittel schloß aber eine solche Alternative aus. Deswegen blieben zunächst nur zwölf Lokationen übrig und nach weiterer Anwendung der Auswahlkriterien und des zu erwartenden Interessentenkreises noch vier. Diese waren das Hohe Venn, die Oberpfalz, der Schwarzwald und der Hohenzollerngraben. Bereits an der ersten Vorbereitungsphase der vier ausgewählten Lokationen einschließlich der Arbeitsgruppen für Bohrlochmeßtechnik, Oberflächengeophysik und Bohrtechnik waren 200 Geowissenschaftler aus Hochschulen, Ämtern und Industrie beteiligt.

Vom 2. bis 4. Nov. 1983 wurde in einem Kolloquium im Herz-Jesu-Kloster in Neustadt/Weinstraße über den Stand der Vorbereitungen befunden und mit einem internationalen Gutachterkreis über das weitere Verfahren beraten. Die Voruntersuchungen wurden auf zwei Standorte, die Lokationen Schwarzwald und Oberpfalz, konzentriert und der verstärkte Einsatz geophysikalischer Vorerkundungen, insbesondere der Reflexionsseismik, beschlossen. Da eine möglichst genaue Kenntnis über das zu erwartende Temperaturprofil bis 10 km bzw. 15 km als Planungsgrundlage für die Bohr- und Meßtechnik erforderlich war, wurden jeweils umfangreiche Geothermikprogramme angeregt. Man war sich einig, daß sich eine Forschungsbohrung mit dem nichtsedimentären Basement beschäftigen sollte, denn

der Tiefbau des Deckgebirges sei wegen seiner wirtschaftlichen Bedeutung im großen Umfange mit Bohrungen und geophysikalischen Mitteln erkundet und prinzipiell bekannt. Eingewendet wurde, daß Unterkrustenfragmente in vielen Gegenden der Kontinente angeschnitten wären, dort sehr bequem an der Oberfläche studiert werden könnten und soeben erst die Bohrung KOLA SG 3 über 11 km präkambrische Kruste aufgeschlossen habe. In den Arbeitsgruppen hatte sich inzwischen jedoch bereits das Hauptinteresse auf die Interpretation und Korrelation von geophysikalischen Krustenstrukturen mit ihren petrophysikalischen Ursachen und geologischen Aussagen konzentriert. Die thermobarometrischen Daten hatten ergeben, daß das europäische Krustenfeld varistisch mindestens doppelt so mächtig gewesen sein muß, bevor es zu seinen heutigen 30 km ausgedünnt wurde. Könnte die Bohrung auch zu diesen Mechanismen Hinweise geben? E. Seibold warnte als Präsident der DFG jedoch dringend davor, die Zielvorstellung des KTB zu stark auf lokale Grundfragen des europäischen Varistikums zu konzentrieren, sondern regte an, allgemeine und global orientierte Fragestellungen für die kontinentale Kruste in den Mittelpunkt zu stellen.

Bereits in der KTB-Vorbereitungsphase hatte sich das FKPE mit zunehmendem Interesse Projekten der kontinentalen Tiefenerkundung zugewandt und auf die Möglichkeiten übertiefer Bohrungen zur Benutzung als Meßort im Sinne eines 'deep earth lab' verwiesen. Eine Arbeitsgruppe "Vertikalprofile" des FKPE nahm Verbindung mit den geophysikalisch arbeitenden Gruppen im KTB auf und sagte schließlich der Weiterentwicklung des KTB volle Unterstützung zu. Von Anfang an war klar, daß der Bohrlochmeßtechnik eine herausragende Rolle für ein KTB zukommen würde und dafür eine umfangreiche Entwicklungsarbeit zu betreiben wäre. Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung erklärte sich innerhalb ihrer Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben bereit, die Organisation dafür zu übernehmen. Unter Leitung von R. Hänel wurden schließlich acht Arbeitsgruppen gebildet: Seismologie, Spannungskriechvorgänge, Gravimetrie, Seismik, Magnetik, Geothermik, Felshydraulik, Datenübertragung und Datenschnittstellen. Damit war die Basis für die Realisierung des wissenschaftlichen Programmes gelegt, denn die Bohrlochmeßtechnik hat einen ganz entscheidenden Anteil an den Ergebnissen des KTB gehabt.

Parallel und zunächst unabhängig vom KTB wurde der Gedanke an ein deutsches Tiefenreflexionsprogramm als Parallelprojekt zum COCORP in den USA entwickelt und schließlich mit BMFT-Förderung als DEKORP gegründet. Hier waren im ganz besonderen Maße G. Dohr, H.-J. Dürbaum und R. Meißner aktiv und hatten im Bewußsein der notwendigen Kooperation auch Geologen und Petrologen in die Steuerungsgruppe berufen. Die regionalen Arbeitsgruppen für die einzelnen Profile wurden im wesentlichen von Geologen geleitet. Erstmals waren Geophysiker und Geologen voll aufeinander angewiesen. Entscheidend war dafür auch der Ausbau des "DEKORP-Processing Centers" in Clausthal durch die Gruppe R.K. Bortfeld. Nach einer kurzen Zeit des Parallellaufes von KTB und DEKORP war allen klar, daß beide Projekte sich ergänzen müssen und das DEKORP die seismischen Vorbereitungsarbeiten für

den Schwarzwald und die Oberpfalz zu übernehmen hat. Zunächst begann DEKORP jedoch mit einem NW-SE-Profil vom Nördlinger Ries bis nördlich Frankfurt am Main. Um das DEKORP zum Erfolg zu bringen, waren nicht nur höchste Anforderungen an Datenaquisition und Processing zu stellen, sondern gleichermaßen an die strukturelle Interpretation, die mit der Oberflächengeologie nicht im Widerspruch stehen darf. Dieses war ein sehr iterativer Vorgang, denn die Geologen mußten erst Grundsätzliches über die Seismik lernen und die Geophysiker Grundsätzliches über Strukturgeologie. Anfänglich stützte sich einer auf den anderen, so daß beide Seiten zu gleichen Ergebnissen kamen. Für beide KTB-Lokationen wurden lebendige Entwicklungsmodelle abgeleitet. Eine Überprüfung des Schwarzwald-Modelles war nicht möglich, da die Oberpfalz später den Zuschlag erhielt. In der Oberpfalz zeigte sich aber schon im Verlaufe der Vorbohrung, daß der Strukturbau nicht den in das seismische Profil hineinprojizierten Erwartungen entsprach. Mit dem gleichen Problem und dem gleichen Lernprozeß sah sich auch die französische Tiefbohrung Covy I konfrontiert, die in einem sehr ähnlichen Kristallinblock angesiedelt war. Die Geophysik mußte lernen, daß eine Interpretation von Kristallinprofilen anderen Gesetzmäßigkeiten folgt als in sedimentären Stockwerken, die Geologie mußte lernen, daß sie es mit einem sehr komplizierten dreidimensionalen System von seismischen Signalen zu tun hat.

Inzwischen waren im Vorfeld des 27. Intern. Geologenkongresses 1984 in Moskau und noch vor einem ersten Besuch der KOLA SG3 auf geheimnisvollen Wegen erste technische und wissenschaftliche Zwischenergebnisse bekannt geworden bei einer damals bekannten Tiefe um 11 km. Jetzt wurde die Vorbereitungsphase plötzlich in eine öffentlich und intern geführte Diskussion über das 'tiefste Loch der Welt' hineingezogen. War es wissenschaftlich und technisch überhaupt sinnvoll und möglich einen neuen Tiefenrekord anzustreben? Begleitet wurde die Standortwahl von nun an mit einem beachtlichen landespolitischen Medienrummel, der jedoch keinen Einfluß auf die Entscheidung hatte. Dem Verfasser fiel gemeinsam mit R. Emmermann die Aufgabe zu, eine Forschungskonzeption für ein übertiefes Bohrprogramm in der Bundesrepublik Deutschland zu erarbeiten. Sie formulierten damals das Forschungsziel mit: "Grundlagenforschung über die physikalischen und chemischen Zustandsbedingungen und Prozesse in der tiefen Kruste zum Verständnis von Dynamik und Evolution interkontinentaler Strukturbildung". Es sollte in einen Temperaturbereich um 300°C unter den Bedingungen einer normalen mitteleuropäischen Kruste und nicht etwa in ein geothermisch anomales Gebiet vorgedrungen werden. Diese Temperaturgrenze wurde zwischen 10 und 15 km erwartet.

1985 stellte Minister H. Riesenhuber die grundsätzliche Zustimmung für die Förderung eines 10 bis 14 km tiefen Bohrloches für einen Zeitraum von 10 Jahren in Aussicht. 1986 fand die entscheidende Sitzung der Lokationsauswahl in Neustadt an der Weinstraße im Anschluß an das "Second International Symposium on the Observation of the Continental Crust through Drilling" statt. Die Geokommission schlug nach langer Diskussion die Oberpfalz

als KTB-Lokation vor. Ausschlaggebend dafür war, daß die Kruste der Oberpfalz bis in Tiefen von 10 bis 14 km sehr viel stärker seismisch und magnetotellurisch strukturiert ist als im Schwarzwald und damit auch eine Erkundung der Natur dieser Elemente möglich wird. Die Kalibrierung indirekt gemessener geophysikalischer Strukturen als Grundlage für die künftige Interpretation von tiefengeophysikalischen Profilen wurde jetzt zu einem erstrangigen Ziel. Zum anderen hatten die geothermischen Vorerkundungen ergeben, daß die Temperaturzunahme in der Oberpfalz geringer sei als im Schwarzwald und die gewünschten Temperaturen in der angestrebten Tiefe von 10 bis 14 km angetroffen würden. Bekanntlich erwies sich diese Prognose als nicht richtig, da sich der T-Gradient in der Bohrung praktisch linear bis zur erreichten Endteufe fortsetzte. Deshalb war auch nach Abschluß der KTB-Vorbohrung eine Planungsänderung erforderlich mit einer Reduzierung der Bohrtiefe auf 10 km. Dies kam auch den inzwischen gestiegenen Entwicklungskosten entgegen, die den Tiefenbereich 12 bis 14 km praktisch ausschlossen.

Mit der Zielformulierung "Zustände und Prozesse", womit im wesentlichen rezente geophysikalische und geochemische Bedingungen und Ereignisse gemeint waren, die direkt beobachtet oder gemessen werden konnten, entfernten wir uns von der ursprünglichen Orientierung auf "Krustenevolution". Geophysik und Geochemie, aber auch die Phasenpetrologie zur Rekonstruktion fossiler P/T-Ereignisse wurden immer stärker gefordert. Da aus technischen und damit auch aus Kostengründen eine ursprünglich erwogene Vollkernung der Bohrung wie in KOLA SG3 unterhalb der 4000 m Vorbohrung nicht möglich war, kam der 'on-line'-Analytik von Bohrspülung und Bohrklein und der Bohrlochmeßtechnik eine immer entscheidender werdende Bedeutung zu. Durch die Integration dieser methodischen Arbeitsgruppen im DFG-Schwerpunkt KTB und im Feldlabor ist es später R. Emmermann meisterhaft gelungen, Voraussetzungen für ein Maximum an Ergebnissen in vielen Arbeitsrichtungen zu schaffen.

Die Erkenntnis, daß die klassische Geologie nur im begrenzten Umfange und vor allem mit strukturgeologischen Methoden an der Bohrung im eigentlichen Sinne beteiligt sein konnte, trug im Verlaufe des Projekts zu einer gewissen Ernüchterung bei den Geologen bei. Dies förderte aber die Erkenntnis, daß sich die Geologie bemühen muß, sehr viel exakter, strenger experimentell-analytisch und mit modellierenden Verfahren zu arbeiten. Längere Zeit konnte man den Eindruck gewinnen, daß sich unter dem Rausch eleganter Methoden, neuer Geräte, hervorragend organisierter Meßexperimente und großer Datensätze wieder ein Bruch zwischen den physikochemisch arbeitenden 'Wissenschaftlern' und den diese Daten zusammenführenden, an geologischen Prinzipien überprüfenden, mit Raum-Zeit-orientierten Kombinationen abgleichenden 'Geologen' ereignen würde. Die inzwischen publizierten Arbeiten zu Rheologie und Spannungszustand, z.B. im Übergangsbereich der spröde-duktilen Verformung, dessen oberste Zone wahrscheinlich von der Bohrung erreicht wurde, der Nachweis erhöhter Permeabilität in Verbindung mit Fluidzufluß am Bohrloch tiefsten, die Erkenntnisse der elektronischen Tiefensondierung zur Dimension elektronischer Leiter oder

die aus Bohrlochmeßdaten gewonnenen hochauflösenden lithologischen Profile für Kristallingesteine sind nur einige Beispiele aus einer Fülle neuer oder vertiefter geophysikalischer Erkenntnisse. Insgesamt wurde die selbstverständliche Erfahrung gemacht, daß sich geophysikalische Methoden besonders dazu eignen, stets die jüngsten Ereignisse und Prozesse am besten abzubilden. Deshalb war die Veränderung der Zielorientierung mit breiter Öffnung für die physikochemischen Arbeitsrichtungen in den Geowissenschaften auch richtig gewesen.

Es zeigte sich aber auch, daß alle Meßdaten für geologische Probleme wenig Wert haben, wenn sie nicht in das räumliche Gebäude der Krustenstrukturen eingegangen und damit in Bezug zur Krustenentwicklung gestellt werden können. Bald nach Beginn der Vorbohrung wurde offenbar, daß der Störungstektonik im Lokationsgebiet während der Vorerkundungsphase zu wenig Wert beigemessen worden war und die Steilstellung der metamorphen Serie keine Anstalten machte, in die erwartete subhorizontale Decollement-Tektonik einzuschwenken. Ein gewisser Spott und auch Vorwürfe über die zunehmende Diskrepanz zwischen strukturellen Modellvorstellungen und den angetroffenen Zuständen mit Tendenzen gegenseitiger Schuldzuweisungen zwischen Geologen und Geophysikern waren eine Zeitlang nicht zu übersehen. Deshalb kam dem seismischen 3D-Experiment "ISO 93" mit dem Ziel, die räumliche Lage der Reflektoren und den möglichen Tiefgang der geologischen Strukturen vor und während der Hauptbohrung zu erfassen, eine ganz entscheidene Rolle zu. Es war wohl das erste Experiment dieser Größenordnung, das unterstützt von zahlreichen Begleitexperimenten vieler Institute im

Kristallin stattfand. Besonders herausgestellt wird stets ein mit der Fränkischen Linie korrelierender Reflektor, der von der Bohrung an der vorhergesagten Stelle geschnitten wurde. Das Gesamtexperiment hat aber weit darüber hinaus grundlegende Einsichten über die Interpretationsmöglichkeiten der Seismik im kristallinen Stockwerk ergeben und die Geologen und Geophysiker wieder versöhnt, soweit sie aneinander gezweifelt hatten.

Allerdings stellt das Kristallin für die Geophysik nach wie vor einen harten Brocken dar, um für die Geologen eine echte Hilfe in der Interpretation von Strukturbau und Evolution, für die Unterscheidung von Kompression oder Extension und anderer fossiler Zustände und Prozesse zu sein. Deshalb ist auch das geologische Modell nach wie vor in unterschiedlicher Weise zu interpretieren und bedarf der flächenhaften Einbindung. Im DFG-Schwerpunkt "Orogene Prozesse, ihre Quantifizierung und Simulation am Beispiel der Varisciden" ist dies aufgegriffen worden. Für die inzwischen herangewachsene Generation junger Strukturgeologen und Geophysiker ist das durch KTB und DEKORP geförderte integrierte geologisch-geophysikalische Denken in Anwendung auf das europäische Varistikum längst selbstverständlich.

KTB und DEKORP waren eine schöpferische Schule für Geophysik und Geologie, in der nicht nur wissenschaftliche Ergebnisse erarbeitet wurden. Ebenso wichtig war, daß eine neue Seite der Integration in unserem Land aufgeschlagen wurde, durch die sich über gemeinsame Projekte und den persönlichen Austausch eine neue und hoffentlich dauerhafte Basis der Zusammenarbeit bilden konnte.

Das Deutsche Kontinentale Reflexionsseismische Programm (DEKORP)

Hans-Jürgen Dürbaum, Gerhard Dohr & Rolf Meißner

Die Idee

Das DEKORP ist ein Kind des FKPE, des Forschungskollegiums Physik des Erdkörpers e.V. Dieses Kollegium, mit Geburtshilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft gegründet zur Verbesserung der Möglichkeiten der wissenschaftlichen Zusammenarbeit der Institute und außeruniversitären Institutionen der Geophysik der Bundesrepublik Deutschland, beschloß auf seinen Sitzungen im Frühjahr und Herbst 1982, ein deutsches kontinentales Reflexionsseismisches Programm, DEKORP genannt, zu starten. Es war auch international die Zeit der Tiefenreflexionsseismik; etwa zur gleichen Zeit begannen das französische ECORS und das britische BIRPS. Vorbild für alle war das in den 70er Jahren in den USA gestartete Programm COCORP, das mit aufsehenerregenden Ergebnissen über die Struktur der kristallinen Erdkruste aufwartete und auch Anstöße zur Idee von wissenschaftlichen Tiefbohrungen gab.

Schon ein Vierteljahrhundert vorher waren die ersten Beobachtungen und Veröffentlichungen über reflexionsseismische Ereignisse mit ungewöhnlich langer Laufzeit gemacht worden, neben A.S. Junger in den USA auch von G.S. Schulz bei Erdölprospektionsarbeiten in der Pfalz und fast zeitgleich von Dohr im Oberrheingraben und im Alpenvorland (DOHR 1957). Die im Rahmen routinemäßiger seismischer Prospektionsarbeiten aufgenommenen Langzeitseismogramme - insgesamt etwa 18.000 - wurden in den folgenden Jahren statistisch ausgewertet (LIEBSCHER 1962, DOHR 1972). Hinzu kamen tiefenreflexionsseismische Arbeiten von KREY et al. (1961) im Eisenerzbergbaugebiet des Siegerlandes. Eine gewisse Häufung von Reflexionsereignissen wurde in Tiefen beobachtet, in denen man nach Erdbebenseismologie und Refraktionsseismik seismische Diskontinuitäten kannte, vor allem die Mohorovicic- und die Conrad-Diskontinuität.

Trotz dieser Zusammenhänge gab es auch kritische Stimmen über die Glaubwürdigkeit solcher Beobachtungen, sowohl aus der Sicht der häufig nicht kontinuierlichen Beobachtungen als auch aus der Diskussion über die unerwartet großen Amplituden. Dies führte zu einer Reihe von Experimenten (MEIßNER 1966, DÜRBAUM et al. 1971) als auch zur Aufnahme von einigen Profilstücken im Bereich bekannter geologischer Störungen (MEIßNER et al. 1981).

Das FKPE bildete Mitte der 70er Jahre eine Arbeitsgruppe "Tiefenreflexionen" unter der aktiven Leitung von G. Dohr. Den Anstoß schließlich zu einem größeren wissenschaftlichen tiefenreflexionsseismischen Projekt in der Bundesrepublik gab ein Vortrag von Prof. H.-J. Behr auf einer FKPE-Sitzung in Göttingen, in dem die Fragen der Orogenese im Variszikum Zentraleuropas, speziell die Bedeutung von Horizontal- und Vertikaltektonik, den Geophysikern sehr lebendig dargestellt wurden. Noch auf dieser Sitzung wurde eine interdisziplinäre Kerngruppe zur Gründung eines deutschen "COCORP" gebildet, die die Überlegungen zur Realisierung eines solchen Vorhabens im Mittelge-

birgsraum der Bundesrepublik unter der Obhut der Alfred-Wegener-Stiftung (AWS) vorantreiben und prüfen sollte.

Überlegungen zur Organisation

Die wichtigsten Überlegungen dieser Kerngruppe beschäftigten sich mit der Frage der Organisation. Die reflexionsseismischen Feldmessungen sollten professionell und nach dem modernsten Stand der Technik durchgeführt werden, ebenso das Verarbeiten des gewonnenen Datenmaterials. Die reflexionsseismischen Profilmessungen sollten von allerlei speziell angesetzten Beobachtungen begleitet werden ('piggyback'-Experimente der Geophysik Institute), die im wesentlichen die Signale der Schüsse längs des Profils für Weitwinkelbeobachtungen ausnutzen würden, also ohne viele zusätzliche und teure Sprengpunkte.

Das Processing der Daten sollte - der Aufgabe angepaßt - gute Darstellungen sowohl der tiefen Erdkruste, möglicherweise noch des obersten Erdmantels, geben als auch des oberflächennäheren Bereiches zur Anbindung der Interpretation von Reflektoren an geologische Strukturen, die man aus der Oberflächenkartierung und/oder bergmännischen Aufschlüssen und Bohrungen kannte. Weiterhin war gewünscht eine möglichst breite Beteiligung von Universitätsinstituten an der Interpretation des gewonnenen Materials als auch eine Ausstrahlung des Projektes auf die Geophysik Institute zur methodischen Weiterentwicklung der Seismik.

Aus diesen Forderungen ergab sich die in Abb. 1 wiedergegebene Organisationsstruktur des Projektes: Die Feldarbeiten sollten jeweils an einen Kontraktor vergeben werden. Für das Processing der Kontraktordaten wurde am Institut für Geophysik Clausthal das "DEKORP Processing Centre" (DPC) gegründet, das unter der erfahrenen Leitung von Prof. R. Bortfeld rasch die Aufgabe in den Griff bekam. Jeweils für ein Profil oder Teilprofil wurde schon in der Vorbereitungsphase eine Regionale Arbeitsgruppe (RAG) gebildet, die an der detaillierten Profilplanung und dann an der Interpretation und Erstveröffentlichung der gewonnenen Ergebnisse intensiv mitarbeitete. Alle wichtigen Beschlüsse wurden von der DEKORP-Steuerungsgruppe gefaßt; die DEKORP-Projektleitung agierte als ausführendes Organ zur möglichst reibungslosen Abwicklung.

Thematik

Die wissenschaftliche Thematik für eine geplante ca. 10jährige Forschungsphase war die Erforschung der geologischen Struktur des deutschen Mittelgebirgsraumes, der von der kommerziellen Reflexionsseismik, die sich in Norddeutschland, im Molassebecken und im Oberrheingraben engagierte, im wesentlichen unberührt geblieben war. Aus gravimetrischen, magnetischen, magnetotellurischen und refraktionsseismischen Messungen waren Gebiete anomaler Strukturen der Erdkruste bekannt, deren detaillierter Bau aber vielfach unbekannt war. Soweit die geologischen Aufschlüsse es erlaubten, waren z.T. sehr

Bundesministerium für Forschung und Technologie
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Abteilung für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben

D E K O R P

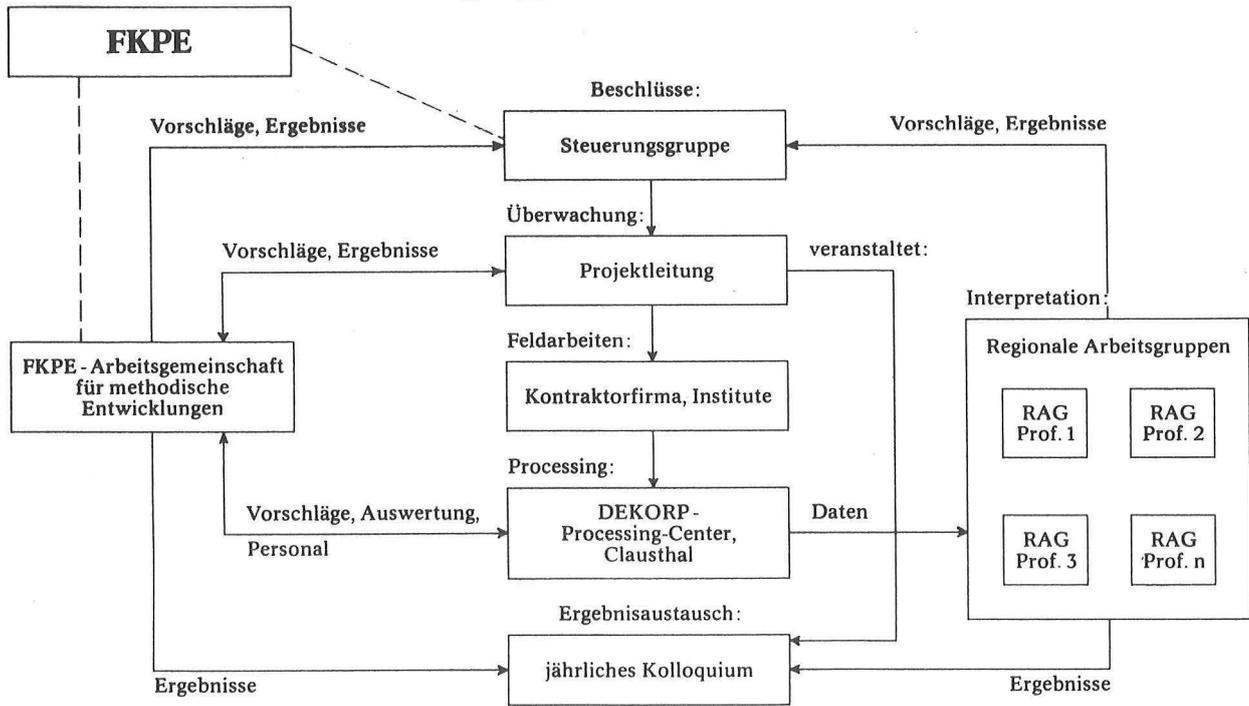


Abb. 1: Organisationsschema des DEKORP-Projektes (1983-1993)

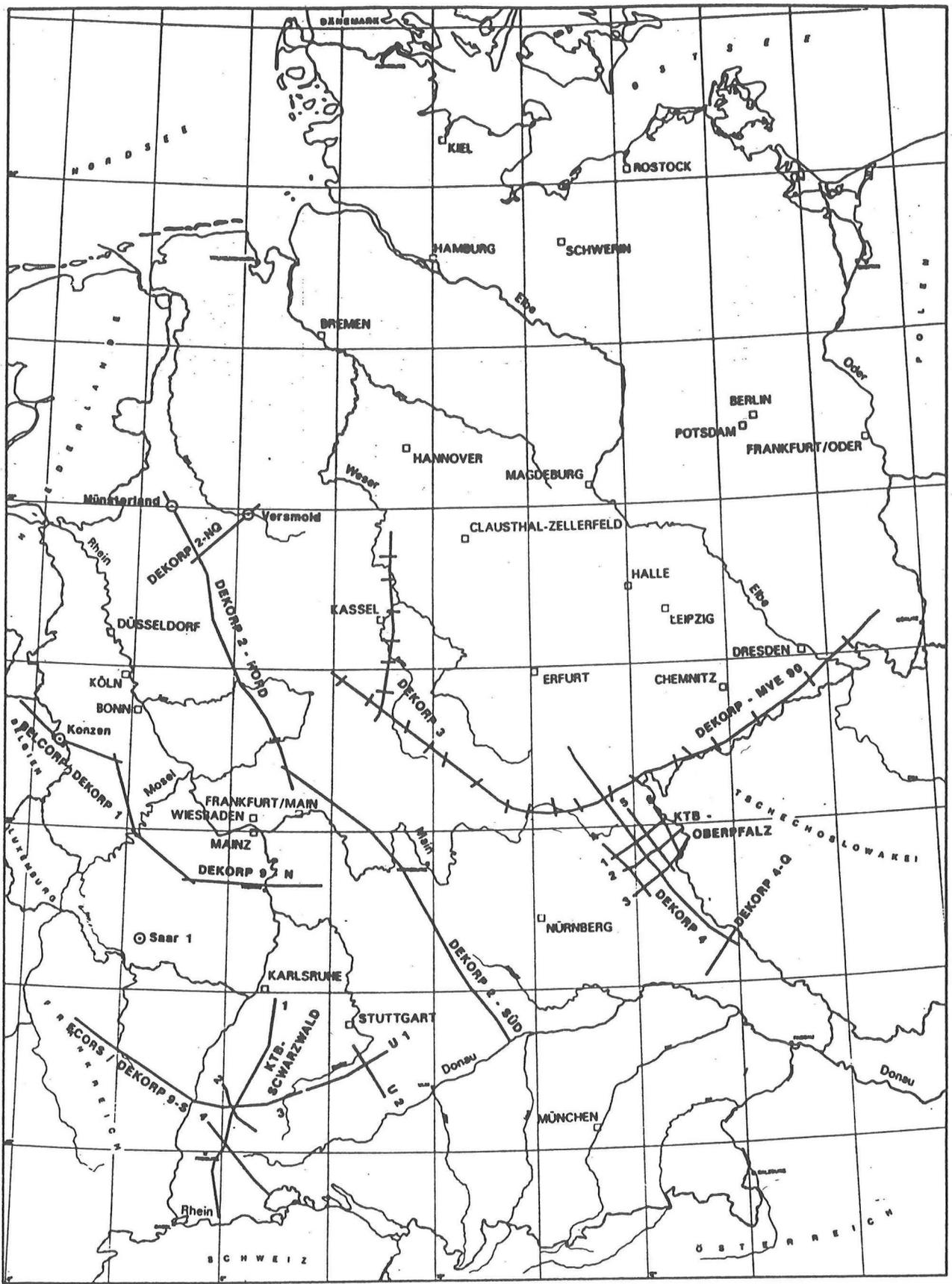
genaue Kartierungen vorgenommen worden, die die geologischen Bearbeiter je nach Phantasie zu allerlei Hypothesen über die Strukturen der Tiefe anregten. Hier sollte versucht werden, mit der in der modernen Erdölexploration so bewährten Reflexionsseismik einen gewichtigen Schritt vorwärts zu tun im Hinblick auf Erkenntnisse der Tiefenstrukturen und der orogenen Prozesse, die zu ihnen geführt hatten.

Förderung

Der wichtigste Schritt war schließlich, daß sich bei einem Besuch im Januar 1982 im Bonner Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) bei einer Vorstellung der Projektidee herausstellte, daß der Vorschlag offene Türen fand und grünes Licht gegeben wurde, einen Antrag - zunächst für eine erste Phase von 4 Jahren - mit einem finanziellen Umfang von jährlich ca. 4 Mio DM vorzulegen. Die Arbeit an dem Antrag zum Vorhaben, der sich aus dem Hauptantrag für die Projektleitung, die Vergabe von Aufträgen an die Kontraktoren und die Finanzen für die generelle Durchführung, dem Antrag des Clausthaler Geophysikinstitutes für das DPC sowie sieben begleitenden Anträgen von Instituten für methodische Entwicklungen und geologische und geophysikalische Datenbearbeitungen zusammensetzte, erforderte fast das gesamte Jahr 1982. Anfang Dezember 1982 sollte der Antrag vom Präsidenten

der Alfred-Wegener-Stiftung (AWS), Prof. Dr. Hans Closs, unterschrieben und beim BMFT eingereicht werden; da starb Hans Closs. Der Vizepräsident Prof. W. Schreyer unterschrieb an seiner Stelle, aber es wurde durch diesen Todesfall sehr deutlich, daß das Ehepaar Closs die Seele der AWS gewesen war und diese Basis bei der AWS jetzt nicht mehr vorhanden war. Das Bundesforschungsministerium wirkte sehr bald auf eine akzeptable Ersatzlösung hin, um die kompetente Verwaltung der Forschungsgelder sicherzustellen, und zwar durch Stellung des Hauptantrages durch das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB), das in seiner Abteilung für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben mit einer starken Unterabteilung Geophysik und in seiner erfahrenen Verwaltung einen guten Rahmen bot. Die begleitenden Anträge sollten zwar weiterhin durch die DEKORP-Leitungsgremien koordiniert, aber separat von den jeweiligen Universitäten bzw. anderen Einrichtungen gestellt werden.

Die Aktion der Umarbeitung des Antrages wurde innerhalb von weniger als zwei Monaten erledigt, der Sachbearbeiter Dr. D. Renz des BMFT, der leider früh verstarb, führte noch zwei intensive Gespräche mit der künftigen Projektleitung und vor allem mit Prof. Bortfeld als Verantwortlichem für das DPC, und dann lagen am 1. Juli 1983 die Bewilligungen für das gesamte Antragspaket auf dem Tisch. Eine Änderung hatte das Ministerium noch gewünscht: Während ursprünglich das DEKORP-Profil 1



DEKORP - PROJEKT

⊙ Saar 1 Bohrung

0 50 100 km

— vermessene Profile

U1 } = Urach - Profile
U2 }

Abb. 2: Lageplan der reflexionsseismischen Profile des DEKORP

(s. Abb.2) unter Einbeziehung der beiden Kurzprofile, die von R. Meißner über die Aachener Überschiebung und die Hunsrück-Südrandstörung schon beobachtet worden waren, das erste DEKORP-Profil sein sollte, wünschte das Ministerium, daß mit dem DEKORP-Profil 2 begonnen wurde. Der Grund: Zum Zeitpunkt der DEKORP-Vorbereitungen wurde im BMFT über die Förderung eines anderen geowissenschaftlichen Großprojektes beraten, dem Kontinentalen Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB). Dafür waren in diesem Stadium vor allem noch zwei Lokationen im Gespräch, der Nordschwarzwald und die Oberpfalz. Das erste DEKORP-Profil, Profil 2 Süd, ist sozusagen die Mittelsenkrechte auf der Verbindungslinie der beiden Bohrpunktareale, insofern neutral, andererseits überquert es bei Dinkelsbühl die wichtige geologische Suture zwischen dem *Saxothuringicum* im Norden und dem *Moldanubicum* im Süden, die in der Oberpfalz ein wichtiges Bohrziel ist, im Schwarzwald nur wenig nördlich des vorgeschlagenen Areals verläuft. Insofern konnte DEKORP 2 Süd, ohne selbst parteiisch für eine Lokation zu sein, doch einen wichtigen Beitrag zur Tiefenstruktur der Suturezone liefern.

Durchführung

Die DEKORP-Steuerungsgruppe setzte sich in den ersten acht Jahren des Projektes zusammen aus den Herren Profs. Behr, D. Betz und Schreyer für die Geologie/Petrologie, den Herren Profs. Bortfeld, Dohr, Dürbaum, Fuchs und Meißner für die Geophysik sowie Prof. A. Hahn für den Hauptantragsteller NLFb, Prof. Giese für die Alfred-Wegener-Stiftung und dem jeweiligen Vorsitzenden des FKPE. An den Sitzungen nahmen außerdem teil ein Vertreter des Geldgebers BMFT, Prof. Fertig als Leiter der FKPE-Tiefenseismikgruppe, die die Zusammenarbeit bei den methodischen Entwicklungsarbeiten intensiviert, und die Leiter der jeweils aktiven Regionalen Arbeitsgruppen. Die Leiter der RAGs waren für DEKORP 1 R. Meißner, DEKORP 2 Nord W. Franke, DEKORP 2 Süd H.-J. Behr, DEKORP 3/MVE-West T. Heinrichs, MVE Ost H.-J. Behr und E. Hurtig, DEKORP 4 K. Weber und DEKORP 9 (Rheingraben) F. Wenzel (für die deutsche Seite). Die entsprechenden Erstpublikationen sind geschlossen am Anfang des Literaturverzeichnisses aufgeführt.

Die Projektleitung bestand aus den drei Autoren dieses Beitrages, Christian Reichert, als Berater mit langer Erfahrung Johannes Schmoll, ab 1987 Helga Wiederhold und in der Schlußphase Petra Sadowiak. 1986 bewilligte das BMFT zusätzliche Mittel für apparative Beschaffungen, u.a. für eine 120spurige DFS V-Apparatur, die von dem erfahrenen Seismik-Ingenieur Siegfried Grüneberg betreut wurde. Das NLFb unterstützte die seismischen Feldarbeiten vielfach durch Nahlinienmessungen für die Berechnung von statischen Korrekturen und durch Erschütterungsmessungen zur Vermeidung von Schäden an Bauwerken und Gebäuden. Die methodischen Arbeiten und die Bearbeitung der begleitenden Experimente erfolgte an den Instituten für Geophysik in Clausthal, Karlsruhe, Kiel, München, Bochum und Frankfurt und an der Bundesanstalt für Geowissenschaften in Hannover. Später kamen auch Leipzig und Freiberg in Sachsen dazu. Diese Forschungsarbeiten erfaß-

ten alle Gebiete der Seismik von verbessertem Processing, Tomographie, Geschwindigkeitsbestimmung, Migrationsverfahren bis zur Weitwinkelseismik. Hinzu kamen begleitend gravimetrische Analysen am Geologischen Institut in Göttingen und magnetotellurische Forschungen am Geophysikalischen Institut in Münster/Westf. Einige umfassendere Publikationen über diese begleitenden Forschungsarbeiten sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

DEKORP und KTB

Im September 1986 wurde von der Geokommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft über die Lage der KTB-Bohrlokationen entschieden, und zwar zugunsten des Vorschlages in der Oberpfalz. Das DEKORP-Projekt war insofern stark involviert, als das BMFT ihm zusätzlich die Durchführung der diesbezüglichen reflexionsseismischen Arbeiten übertrug. 1984 wurden im Anschluß an die Arbeiten auf dem Profil DEKORP 2 Süd mehrere Profile im Schwarzwald registriert, 1985 im Zusammenhang mit DEKORP 4 auch die Profile KTB 85/1-6. Die reflexionsseismischen Aufnahmen auf DEKORP 4 wurden verbunden mit 90 kg Sprengungen für Weitwinkelseismik und Expanding Spread-Geschwindigkeitsaufnahmen. Nach der Entscheidung zur Bohrung der KTB in der Oberpfalz und dem Wunsch zu genaueren Angaben über Bohrziele wurde mehrfach und intensiv über die Durchführung eines 3D-reflexionsseismischen Survey der KTB-Umgebung diskutiert. Erst gegen Ende 1988, als die KTB-Vorbohrung schon längst im Abteufen war, fiel die Entscheidung dazu in positivem Sinne. Der 3D-Survey wurde nach dem Abschluß der Vorbohrung realisiert in Kombination mit einer ganzen Reihe weiterer seismischer Experimente, die teilweise nur durch Bohrlochmessungen in der Vorbohrung mit einer 3-Komponenten-Geophonkette durchführbar waren. Ziele dieses ISO 89 (Integriertes Seismisches Experiment Oberpfalz) waren neben dem Gewinn verbesserter räumlicher Informationen über die geologischen Strukturen die Erfassung des seismischen Geschwindigkeitsfeldes einschließlich seiner Anisotropie. Eine Beschreibung dieses ziemlich einmaligen Experimentes mit der Möglichkeit zur teilweisen Prüfung der Ergebnisse durch die KTB-Hauptbohrung findet sich in den KTB/DEKORP-Berichten (DÜRBAUM et al. 1990, 1992) und in HARJES et al. (1997). Als Beispiel für die fruchtbare KTB-DEKORP-Zusammenarbeit sei das von der Fränkischen Linie unter 60° Einfallen beobachtete Störungssystem angeführt. Durch die KTB-Linie 8502 und die 3D-Seismik als Reflexion beobachtet, wurde es durch die Bohrung von 6865 bis 7260 m Tiefe durchteuft, analysiert und überzeugend verifiziert.

Neben diesen sehr umfangreichen Arbeiten und Beiträgen zur KTB-Forschung trat DEKORP auch als Schrittmacher in der deutsch-deutschen Zusammenarbeit auf: Die Planung für 1990 mit der Aufnahme des Profils DEKORP 3 wurde mit entsprechender zusätzlicher Förderung durch beide Forschungsministerien und in Zusammenarbeit mit dem Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) in Potsdam erweitert mit dem sog. MVE-Profil, das nach Überquerung der Mitteldeutschen Kristallinschwelle und des Münchberger Gneismassivs in der alten Bundesrepublik das Erdbebenschwarmgebiet des Vogtlandes, das Erzgebirge und die

geologisch bedeutende Störungszone der Elbelinie als Untersuchungsobjekte querte. Hier hatte schon zehn Jahre vorher das ZIPE (Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam) ein einfach überdecktes Profil aufgenommen, dessen Qualität mit der modernen Aufnahmetechnik und Datenverarbeitung wesentlich verbessert wurde.

Internationale Zusammenarbeit

Möglichkeiten zu internationaler Zusammenarbeit ergaben sich bei DEKORP 1, das zusammen mit dem belgischen Geologischen Dienst geplant wurde und die Aachen-Midi-Überschiebung weiter westlich querte als das ältere Profil. Die Planung einer reflexionsseismischen Untersuchung der Tiefenstruktur des Oberrheintalgrabens und auch deren Durchführung erfolgte zusammen mit dem französischen ECORS-Projekt; diese Untersuchung war ursprünglich nicht in der DEKORP-Planung vorgesehen, sondern war als Projekt des Karlsruher Geophysikinstitutes mit Techniken einer Unterschiebung des Rheingrabens gedacht. Mit den tschechischen Kollegen entwickelte sich ebenfalls eine gute Zusammenarbeit sowohl in der Registrierung über die Grenzen hinweg als auch bei Interpretationsarbeiten des auf beiden Seiten erarbeiteten Materials. Schließlich wurde, angestoßen durch die hochinteressanten Ergebnisse des Schweizer Nationalfonds-Projektes NFP 20, gemeinsam mit österreichischen und italienischen Kollegen in Fortsetzung von DEKORP 2 Süd ein tiefenseismisches Profil durch die Ostalpen bei der Europäischen Union eingereicht. Aber auch mit den anderen tiefenseismischen Projekten bestand ein ständiger, durch spezielle Tiefenseismik-Tagungen intensivierter Gedankenaustausch. Von der DEKORP-Projektleitung selbst wurde - in dankenswerter Weise durch die Kollegen des Bayerischen Geoinstitutes unterstützt - die entsprechende Tagung 1990 in Bayreuth ausgerichtet, deren Besucher unmittelbar im Anschluß den "Knopfdruck" des Bundesforschungsministers zum Beginn der KTB-Hauptbohrung bei Windischeschenbach in der Oberpfalz miterleben durften.

Bilanz und Fortsetzung

Während in einer frühen Phase die Meinung vertreten wurde, daß die Oberkruste im wesentlichen reflexionsleer

sei, dagegen die Unterkruste eine Fülle von Reflexionen bieten würde, was mit einem lamellenartigen Aufbau in Verbindung gebracht wird, gelang es bei den DEKORP-Messungen zunehmend, auch für den oberen Bereich der kristallinen Kruste Informationen zu erhalten. Dazu wurden enge Geophonpunktabstände, z.T. nur 40 m, und ebenso enge Abstände der 'Schußpunkte', z.T. ebenfalls 40 m, durch Benutzung der Vibroseis-Technik realisiert. So konnten viele bedeutende Störungszone seismisch in die Tiefe verfolgt und z.T. in ihrem listrischen Charakter erkannt werden (Abb. 3).

Die Autoren sind überzeugt, daß die Arbeit im DEKORP-Projekt sehr wesentlich zur Zusammenarbeit der geophysikalischen Institute der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Reflexionsseismik, zu verbesserter Zusammenarbeit von Geologie und Geophysik und zu einer guten Kooperation mit der einschlägigen Industrie geführt hat.

Die Jahre 1992 und 1993 wurden zu intensiven Diskussionen über Möglichkeiten zukünftiger Tiefenseismik-Forschung in einem DEKORP-ähnlichen Rahmen genutzt. Zu den Diskussionspunkten gehörten die Möglichkeiten zu weiter verbesserter Abbildung der Strukturen der kristallinen Erdkruste, sei es durch stärkere Ausnutzung von anderen geophysikalischen Meßdaten, bessere räumliche Erfassung von Informationen, verstärkte Kombination der Profilmessungen mit Mehrkomponenten-Experimenten, Weitwinkelmessungen und Tomographie-Experimenten sowie verstärkte Zusammenarbeit mit Geologen und Petrologen bei der Interpretation unter Verwendung quantitativer Modellierungsverfahren. Erarbeitet wurde das Konzept einer neuen Dekade kombinierter geowissenschaftlicher Untersuchungen mit dem Schwerpunkt in der seismischen Erkundung der Erdkruste mit dem Ziel, verbesserte Erkenntnisse über die geologischen Prozesse, die zur Bildung von Gebirgen und von Sedimentationsbecken in Kratonen führen, zu erhalten. Dabei ist daran gedacht, die Untersuchungen möglichst an optimal geeigneten geologischen Objekten durchzuführen, also in internationaler Zusammenarbeit dort auf der Erde, wo diese Objekte sind. Der Projektvorschlag trägt den Namen DEKORP 2000. Er wird vom BMFT zunächst für 4 Jahre von 1994 bis 1997 gefördert, und die Projektstruktur wurde weitgehend von

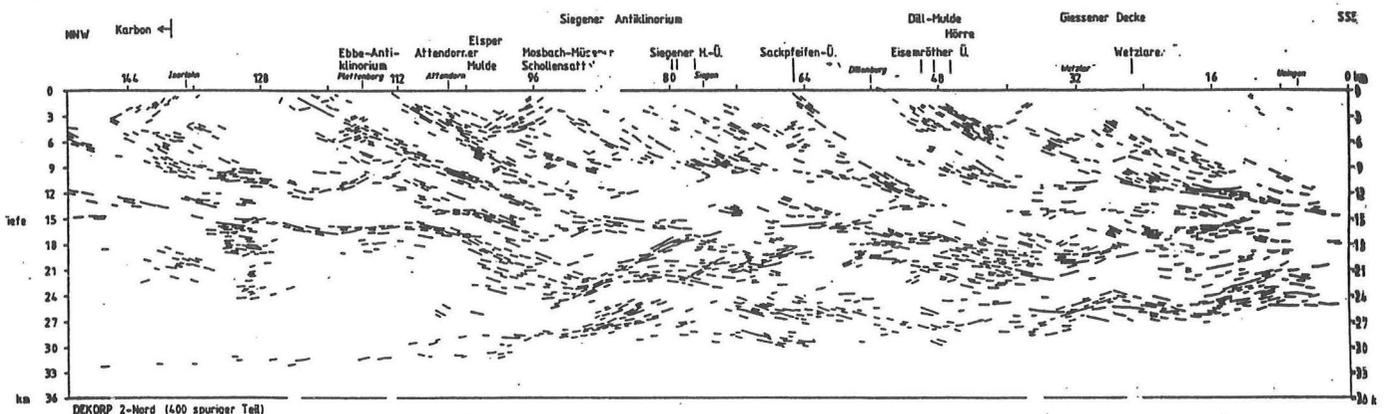


Abb. 3: Line drawing des südlichen Teils von DEKORP 2 NORTH (Rheinisches Schiefergebirge)

DEKORP übernommen. Die Projektleitung für DEKORP 2000 liegt beim GeoForschungsZentrum Potsdam, dem Nachfolgeinstitut des ZIPE, einer der drei nach der deutschen Wiedervereinigung in den neuen Bundesländern entstandenen Großforschungsanstalten. Im Verlaufe des Jahres 1995, dem ersten Jahr des DEKORP 2000 mit umfangreichen Feldaktivitäten, wurde in Zusammenarbeit mit russischen Institutionen, dem spanischen CICYT-Institut in Barcelona und dem INSTOC in Ithaca ein über 500 km langes Profil durch den Südrural und weiterhin in Zusammenarbeit mit Projekten des DFG-Schwerpunktes "Orogene Prozesse, ihre Quantifizierung und Simulation am Beispiel der Varisciden" zwei ca. 60 km lange Profile im westlichen Sachsen aufgenommen. Zielsetzungen sind die nach den bisherigen Informationen nicht abgebaute Gebirgswurzel des fast zeitgleich mit dem varistischen Orogen entstandenen Ural und die Prozesse, die im Sächsischen Granulitgebirge Gesteine der früheren Erdunterkruste an die heutige Erdoberfläche gebracht haben. Bei beiden Projekten gibt es eine Reihe von begleitenden geologischen und geophysikalischen Forschungsprojekten. Für 1996 sind Feldmessungen im östlichen Teil des Norddeutschen Beckens geplant. Hier steht die grundsätzliche Frage nach dem Bau und der Entstehung eines intrakontinentalen Beckens im Vordergrund - ein im Vorfeld exploratorischer Arbeiten entscheidendes Problem. Es werden umfangreiche begleitende Untersuchungen durchgeführt, und es wird in Norddeutschland eine fruchtbare Zusammenarbeit mit der deutschen Erdöl-/Erdgasindustrie erwartet. Weiterhin soll in 1996 ein Profil durch die westlichen Anden von DEKORP aufgenommen werden, in sehr enger Zusammenarbeit mit dem betreffenden Sonderforschungsbereich der FU Berlin. Es ist zu hoffen, daß die Arbeiten von DEKORP 2000 zu wichtigen neuen Forschungsergebnissen und zu verbesserter, quantitativer Erfassung der wichtigen geologischen Prozesse führen werden und damit auch methodisch die Geowissenschaften weiter voranbringen.

Literatur

Erstveröffentlichungen von DEKORP

DEKORP Research Group (1985): First results and preliminary interpretation of deep reflection seismic recordings along DEKORP 2 South. - *J. Geophysics* **57**: 137-163.

DEKORP Research Group (1988): Results of the DEKORP 4/KTB Oberpfalz deep seismic reflection investigations. - *J. Geophysics* **62**: 69-101.

FRANKE, W., BORTFELD, R.K., BRIX, M., DROZDZEWSKI, G., DÜRBAUM, H.-J., GIESE, P., JANOTH, W., JÖDICKE, H., REICHERT, C., SCHERP, A., SCHMOLL, J., THOMAS, R., THÜNKER, M., WEBER, K., WIESNER, M.G. & WONG, H.K. (1990): Crustal structure of the Rhenish Massif: Results of deep seismic reflection lines DEKORP 2-North and 2 North-Q. - *Geol. Rundschau* **79/3**: 523-566.

DEKORP Research Group (1991): Results of the DEKORP 1 (BELCORP/DEKORP) deep seismic reflection studies in the western part of the Rhenish Massif. - *Geophys. J. Int.* **106**: 203-227.

BRUN, J.P., WENZEL, F. and the ECORS/DEKORP-team (1991): Crustal-scale structure of the southern Rhinegraben from ECORS-DEKORP seismic reflection data. - *Geology* **19**: 758-762.

WENZEL, F., BRUN, J.-P. and the ECORS/DEKORP-working group (1991): A deep reflection seismic line across the northern Rhinegraben. - *Earth Planet Science Letters* **104**: 140-150.

DEKORP Research Group (1994): The deep reflection seismic profiles DEKORP 3/MVE 90. - *Zeitschr. für Geol. Wissensch.* **22**, 6; Appendix: 623-825.

DÜRBAUM, H.-J., REICHERT, Chr. & BRAM, K. (eds.) (1990): Integrated Seismics Oberpfalz 1989, Longterm Logging and Testing Programme of the KTB-Oberpfalz VB. - KTB Report 90-6b/DEKORP Report: 1-208; (NLfB Hannover).

DÜRBAUM, H.-J., REICHERT, CHR., SADOWIAK, P. & K. BRAM (eds.) (1992): Integrated Seismics Oberpfalz 1989, Data evaluation and interpretation as of October 1992. - KTB Report 92-5/DEKORP Report: 1-373; (NLfB Hannover).

MEIBNER, R. & BORTFELD, R.K. (1990): DEKORP-Atlas. Results of Deutsches Kontinentales Reflexionsseismisches Programm. - Berlin/Heidelberg (Springer-Verlag).

Einige methodische Veröffentlichungen

BITTNER, R. & RABELL, W. (1991): Energy- and Powersections in seismic interpretations. - *Am. Geophys. Union Geodyn. Series* **22**: 406-415.

BÖNNEMANN C. (1995): Bestimmung seismischer Geschwindigkeiten aus Steilwinkelreflexionen im p-T-Bereich. - Diss. Ruhr-Universität Bochum; Berichte des Instituts f. Geophysik der Ruhr-Universität Bochum Reihe A, **40**.

EMMERICH, H., ZWIELICH, J. & MÜLLER, G. (1993): Migration of synthetic seismograms for crustal structures with random heterogeneities. - *Geophys. J. Int.* **113**, 1: 225-238.

KEMPER, M. & HARIES, H.-P. (1991): Processing and analysis of MSP-experiments within the KTB-Project. - *Am. Geophys. Union Geodyn. Series* **22**: 135-146.

GEBRANDE, H., BOPP, P., NEURIEDER, M., & SCHMIDT, T. (1989): Crustal structure in the surroundings of the KTB drill Site as derived from refraction and wide-angle seismic observations. - In Emmermann, Wohlenberg (eds.): *The German Continental Deep Drilling Program (KTB)*: 151-176; Springer-Verlag.

LÜSCHEN, E., SÖLLNER, W., HOHRATH, A. & RABELL, W. (1991): Integrated P- and S-wave borehole experiments at the KTB-deep drilling site. - *Am. Geophys. Union Geodyn. Series* **22**: 121-133.

MEIBNER, R., WEVER, T. & SADOWIAK, P. (1991): Continental collisions and seismic signature. - *Geophys. J. Int.* **105**: 15-23.

RÜHL, T. & LÜSCHEN, E. (1990): Inversion of first break travel-time data of seismic reflection profiles. - *Geophys. Prosp.* **38**: 247-266.

SIMON M. (1992): Structural images from 3D-isochron migration of wide angle data in the surroundings of the KTB. - KTB Report 92-5/DEKORP Report: 161-168; (NLfB Hannover).

STILLER, M. & THOMAS, R. (1989): Processing of reflection-seismic data at the DEKORP Processing Center, Clausthal. - In Emmermann, Wohlenberg (eds.): *The German Continental Deep Drilling Program (KTB)*: 177-232; Springer-Verlag.

Sonstige Zitate

DOHR, G. (1957): Ein Beitrag der Reflexionsseismik zur Erforschung des tieferen Untergrundes. - *Geol. Rundschau* **46**: 17-26.

DOHR, G. (1972): Reflexionsseismische Tiefensondierung (Reflection Methods in Deep Seismic Sounding). - *Zeitschr. für Geophys.* **38**: 193-220.

DÜRBAUM, H.-J., FRITSCH, J. & NICKEL, H. (1971): Untersuchungen über den Charakter der Reflexionen aus großen Tiefen. - Beih. Geol. Jahrbuch **90**: 99-133.

HARJES: H.-P. et al. (1997): Origin and Nature of Crustal Reflections: Seismics on Test-Bench. - J. Geophys. Res., Special KTB issue, February 97.

KREY, Th., SCHMIDT, G. & SEELIS, K.-H. (1961): Über die Möglichkeit, den reflexionsseismisch erfaßbaren Tiefenbereich zu erweitern. - Zeitschr. für Erdöl u. Kohle-Erdgas- Petrochemie **14**: 521-526.

LIEBSCHER, H. (1962) Reflexionshorizonte der tieferen Erdkruste im bayerischen Alpenvorland, abgeleitet aus Ergebnissen der Reflexionsseismik. - Zeitschr. für Geophys. **28**: 162-184.

MEIBNER, R. (1966): An interpretation of wide-angle measurements in the Bavarian Molasse basin. - Geophys. Prosp. **14**: 7-16.

MEIBNER, R., BARTELTSEN, H. & MURAWSKI, H. (1981): Thin-skinned tectonics in the northern Rhenish Massif, Germany. - Nature **290**: 399-401.

THOMAS, R., Hertig, J.F., KLÖCKNER, M., KÖRBE, M., MÜLLER, B., REHLING, J., REHMANN, V. & TORMANN, M. (1995): ISO'89: KTB 3D-Steilwinkelseismik am DEKORP Processing Center Clausthal. - KTB-Report 94-1: 391-415; (NLfB Hannover)

Das Satellitenprojekt AEROS

Karl Rawer

Nachdem neben den USA und der UdSSR auch andere Länder Satelliten in Umlaufbahnen gesetzt hatten, begann man um 1960 auch in der Bundesrepublik mit Vorbereitungen für ein eigenes Satelliten-Unternehmen, das in Zusammenarbeit mit der amerikanischen NASA realisiert werden sollte. Es hatten damals nur wenige Gruppen, und nur mit Experimenten in Höhen-Forschungsraketen einschlägige Erfahrung. Aus eingereichten Experimentvorschlägen wurde ein 'Paket' geschnürt. Die möglichen Experimentatoren reisten damit nach den USA. Nach einem Flug mit beträchtlichen Hindernissen kamen wir erst lange nach Mitternacht ins Quartier, wurden früh geweckt und mußten uns reichlich unausgeschlafen der Kritik unserer Kollegen vom GSFC stellen. Sie war vernichtend. Die meisten Vorschläge wurden als unausgegoren bezeichnet: das Gesamtkonzept sei in sich nicht kohärent und mit dem vorgesehenen Träger (Scout) technisch undurchführbar.

In der Folge wurden zunächst zwei Beladungen für einfache Missionen zusammengestellt, die dann mit Hilfe der amerikanischen NASA auf dem Satelliten AZUR bzw. des französischen Pendants, CNES, auf DIAL in ihre Umlaufbahnen gebracht werden konnten. Bei AZUR funktionierten zwar die Experimente, aber nicht der Missionsablauf: wegen ungeeigneter Kodierung der Kommandoübermittlung setzten starke Radarstationen den Satelliten während fast jeden Umlaufs in einen anderen Betriebszustand; außerdem war wegen Ausfalls der Bandgeräte an Bord die Datenausbeute weit geringer als erhofft. DIAL war nur für eine kurze Missionsdauer angelegt.

Missionsplan

Für den nächsten deutschen Satelliten AEROS wurde dann ein in sich geschlossenes wissenschaftliches Konzept erarbeitet. Die Mission war klar auf damals offene Probleme der Aeronomie der Ionosphäre abgestellt: einerseits sollte die wichtigste Ursache der aeronomischen Prozesse quantitativ bestimmt werden, nämlich, spektroskopisch sauber aufgelöst, die Sonneneinstrahlung im extremen Ultraviolett (EUV), andererseits deren Wirkungen auf Dichten und

Temperaturen der neutralen und ionisierten Konstituenten des ionosphärischen Plasmas. Eine Umlaufbahn mit einem Apogäum von etwa 7000 km und dem niedrigsten technisch möglichen Perigäum war erwünscht: realisiert wurden 6900 bzw. 220 km. Die in Ortszeit stabil gehaltene Bahn wurde auf 15 und 03 h eingestellt, um entscheidende Punkte des Tagesgangs zu erfassen.

Ich leitete damals das Projekt "International Reference Ionosphere" (IRI) von COSPAR/URSI (Committee on Space Research / Union Radioscopique Internationale) und brachte in das Konzept Probleme ein, die dort aktuell 'auf den Nägeln brannten'. Das betraf vor allem eine zuverlässige Bestimmung der Elektronen- und Ionen-Temperaturen, denn damals lagen Satellitendaten weit höher als die von erdgebundenen 'incoherent scatter' Experimenten. Bestimmungen von positiven Ionen waren bislang nur als Partial-Dichten ausgegeben worden, ohne gleichzeitige Kenntnis der Plasma-Gesamtdichte. Für IRI waren diese Daten schlicht unbrauchbar.

Die Aufgabenstellung legte es nahe, die Mission nicht als ein Bündel einzelner Experimente zu betrachten, sondern als kooperatives Unternehmen mit 'integrierter Auswertung'. Nur durch kritischen Vergleich der verschiedenen Techniken und ihrer Ergebnisse konnte die geforderte Zuverlässigkeit der Aussagen erreicht werden. Für den einzelnen Experimentator bedeutete diese Kooperation einen Verzicht auf volle Unabhängigkeit und Selbständigkeit bei Auswertung und Veröffentlichung, was den Beteiligten hoch anzurechnen ist. Unser Erfolg war aller Lohn.

Die Experimente

AEROS (Abb.1) führte fünf Experimente an Bord:

EUV - Spektrometer zur Messung der solaren Einstrahlung (G. Schmidtke, Fraunhofer-Institut für physikalische Welt- raumforschung, Freiburg),

NIMS - Neutral- und Ionen-Massenspektrometer (D. Krankowski & P. Lämmerzahl, Max-Planck-Institut für Kern- physik, Heidelberg),

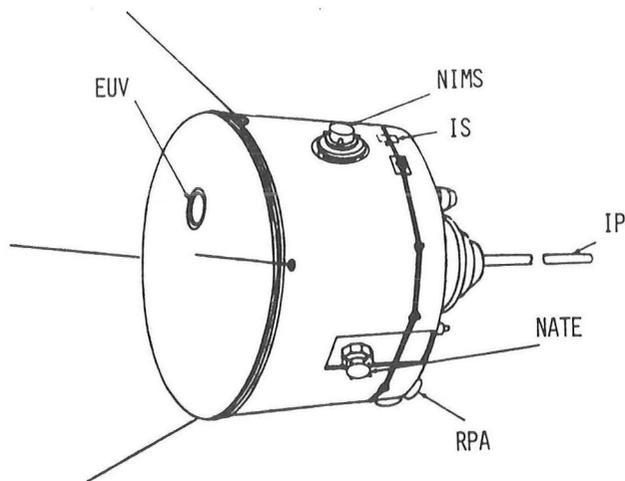


Abb. 1: Der Satellit AEROS

NATE - kinetische Messung der Neutraltemperatur bzw. Dichte (N.W. Spencer & G.R. Carignan, NASA GSFC Greenbelt Md.),

RPA (deutsch GSA) - Dichten und kinetische Temperaturen von Elektronen und Ionen (K. Spenner & A. Dumbs, Fraunhofer-Institut für physikalische Weltraumforschung, Freiburg),

IP - Elektronendichte (hoch aufgelöst) (E. Neske & R. Kist, Fraunhofer-Institut für physikalische Weltraumforschung, Freiburg).

Die Bahnbestimmungen der Bodenstationen ermöglichten ein sechstes Experiment:

ADA - totale Gasdichte im Perigäum (M. Roemer, Astronomisches Institut der Universität Bonn).

EUV-Spektrometer (EUV)

Weil das Sonnenlicht in Erdnähe nahezu kollimiert ist, baute Hinteregger ein Sonnen-Spektrometer ohne Eingangspalt, das hohe Empfindlichkeit auch bei schwacher Strahlung erreichte. An einem Plangitter wird das Sonnenlicht spektral zerlegt, die Wellenlänge mit einem um die Gitterachse drehbaren Kollimator (mechanisches Beugungsfilter) eingestellt; ein magneto-elektrostatischer, offener Multiplier (mit vielen Elektroden) mißt die Intensität.

Auf AEROS flogen je zwei solcher Spektrometer für die Wellenlängenbereiche 57 bis 16 bzw. 106 bis 31 nm. Die optische Achse wurde parallel zu der auf die Sonne ausgerichteten Rotationsachse des Satelliten montiert. Für aeronomische Zwecke war die so erreichte Auflösung ausreichend; wichtiger war, daß die Intensitäten absolut gemessen wurden. Das erwies sich als besonders schwierig, weil, wie die Eichung zeigte, die Empfindlichkeit der Multiplier im Weltraum individuell verschieden abnahm und außerdem von der Temperatur des Instruments abhängig war. Deshalb wurde in einem regelmäßig geschalteten Eichmodus eine 64 keV Betastrahlungsquelle auf den Multiplier gerichtet. Wichtig war auch, daß (in der Ionosphäre immer vorhandene) freie Ladungen durch entsprechend aufgelade-

dene Gitter vom Eingang des Instruments ferngehalten wurden.

Neutralteilchen-Experimente (NIMS, NATE, ADA, auch EUV)

Die Ergebnisse dieser Experimente ergänzten sich wechselseitig, so daß alle zusammen eine aeronomisch ausreichende Beschreibung des Neutralgases ermöglichten.

NIMS war ein Massenspektrometer. Im Neutralmodus wurde im halboffenen Eingangsbereich das Neutralgas mit 75-eV-Elektronen beschossen; in einem Quadrupol-Massenfilter wurden die so erzeugten Ionen durch Variation der Amplituden der Gleich- und Hochfrequenz-Spannungen nach ihrem e/m -Wert analysiert. Das Auffangsystem, bestehend aus Sekundärelektronenvervielfacher und Elektrometer, hatte eine logarithmische Kennlinie, so daß der Meßbereich mehr als 6 Dekaden betrug. Ein ersatzweise einschaltbarer linearer Verstärker erlaubte es, die im Lauf der Mission veränderliche Empfindlichkeit des Vervielfachers nachzueichen. Reaktive Gase wie O und N werden an den Wänden des Eingangsbereichs umgewandelt, so daß atomarer Sauerstoff in molekularen und atomarer Stickstoff in NO umgewandelt werden. Im Höhenbereich der Satellitenbahn sind die geringen direkten Anteile dieser Moleküle deshalb nicht meßbar, während die der umgewandelten Rückschlüsse auf die atomaren erlauben. So konnten He, Ar, N, O sowie molekularer Stickstoff gemessen werden.

NATE maß über die Randunschärfe des 'Schattens' einer scharfen Kante, der ein festeingestelltes Massenspektrometer nachgeschaltet war, die kinetische Temperatur eines bestimmten Gases (meist von molekularem Stickstoff). Die Messung war unterhalb von 300 km möglich, sofern die Anströmung in einem geeigneten Winkelbereich lag. In der A-Mission war, wegen einer Störung der Spin-Synchronisierung, eine Temperaturmessung unmöglich. Dafür wurden die Dichten von He, Ar und O gemessen.

ADA benutzte Bahndaten, die aus Beobachtungen der NASA und der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) bestimmt waren, zur Berechnung der Abbremsung und daraus der Perigäumsdichte; der variable Anstellwinkel wurde berücksichtigt.

EUV lieferte einen unabhängigen Beitrag; aus der höhenabhängigen Intensität geeigneter Spektrallinien wurde über deren Absorption ein Höhenprofil des atomaren Sauerstoffs gewonnen.

Plasma-Experimente (RPA, IP, NIMS)

Diese drei Experimente lieferten die wichtigsten Plasmamaparameter: Plasmadichte, Temperaturen (Elektronen und positive Ionen) und die prozentuale chemische Zusammensetzung der Ionen. Redundante Messungen erlaubten eine wechselseitige Eich- und Funktionskontrolle, die in früheren Missionen meist unterblieben war. Die AEROS-Experimentatoren mußten ihre Eichungen ggf. korrigieren, wodurch eine höhere Absolutgenauigkeit erreicht wurde.

RPA war ein planarer Teilchenempfänger, der mit variabler, positiver bzw. negativer Gegenspannung die Strom-

Spannungs-Kurve abwechselnd für Ionen bzw. Elektronen maß. Diese Kurve wurde Punkt für Punkt aufgezeichnet. Das erwies sich als sehr vorteilhaft, weil so einerseits Irrtümer durch wechselnde Aufladung des Satelliten ausgeschaltet und andererseits Abweichungen der Elektronenpopulation vom thermischen Gleichgewicht (suprathermische Populationen) erfaßt werden konnten. Ein Schutzring sollte unerwünschte Abweichungen der Teilchenbewegung vom achsparallelen Verlauf verhindern.

Im Elektronenmodus ist die Geschwindigkeit des Fahrzeugs klein gegen die thermische Bewegung, so daß die Energieverteilung der eintretenden Elektronen etwa einer halben Maxwellverteilung entspricht. Die (halb-logarithmische) Charakteristik zeigt deshalb einen linearen Bereich, aus dessen Steigung die Temperatur bestimmt werden kann. Aus dem Sättigungsstrom (bei niedrigster Gegenspannung) wurde die Elektronendichte bestimmt. Ein flacher Abfall oberhalb dieses thermischen Bereichs zeigt eine suprathermische Population an. Im Ionenmodus dagegen ist das Fahrzeug weit schneller als der Schall. Die kinetische Energie eines Ions im Instrument ist durch seine Masse und die Fahrzeuggeschwindigkeit gegeben. Die Charakteristik ist eine Stufenkurve, die Lage jeder Stufe gibt die Energie, während die Stufenhöhe den Anteil der betreffenden Population anzeigt. Aus der Neigung des Abfalls kann eventuell noch die Ionentemperatur erhalten werden. Auch hier gibt der Sättigungsstrom die Plasmadichte, die mit der aus dem Elektronenmodus übereinstimmen sollte.

NIMS war ein Massenspektrometer, das im Ionenmodus ohne Ionisierungs-Anordnung, aber mit entsprechenden Blendenpotentialen betrieben wurde. Dabei spielt der (variable) Winkel zwischen Instrumentenachse und Anströmung eine wesentliche Rolle. Für H^+ - und He^+ -Ionen war wegen ihrer größeren thermischen Geschwindigkeit dieses Problem weniger kritisch. Darin konnte NIMS die Ionen-Messungen des RPA vorteilhaft ergänzen.

IP benutzte ein ganz anderes Meßprinzip, nämlich die Frequenzabhängigkeit der dielektrischen Suszeptibilität des Plasmas. Es wurde, in Abhängigkeit der Frequenz, die Impedanz einer Antenne im Plasma (genauer: deren Phase) gemessen. Aus dabei auftretenden Resonanzen wird u.a. die 'obere Hybrid-Frequenz' erhalten. Sie ist nur von Elektronendichte und Erdmagnetfeld abhängig, nicht von der

Elektronentemperatur. Die Methode bestimmt die absolute Elektronendichte schnell und recht exakt. Verglichen mit den Teilchenexperimenten ist der räumliche Meßbereich des IP besser definiert (entsprechend der Ausdehnung des Antennenfeldes); auch die Eichung ist bei IP zuverlässiger. So wurden IP-Ergebnisse von NIMS benutzt, um die Totaldichte der Ionen zu eichen. Für RPA konnte darüber hinaus auch der Einfluß der Sensorrichtung gegen das Magnetfeld erfaßt werden. RPA und NIMS ergänzten sich, weil RPA geringere Populationen nicht wahrnahm, aber die Dichte der wichtigsten korrekt maß.

Missionsablauf

Die Mission von AEROS-A dauerte vom 16. Dez. 1972 bis zum 22. Aug. 1973. Das Experiment IP fiel aus, weil es nicht gelang, die Meßantenne auszufahren. Da beim Ausfahren ein Gegengewicht abgeworfen wurde, war die Rotationsachse von der Figurenachse ein wenig verschieden. Die EUV-Auswertung bemerkte das, sie konnte sogar die Ablage ermitteln. NATE maß die Dichte von vier Ionensorten. In der zweiten Mission, AEROS-B, funktionierten alle Experimente; NATE maß Stickstoff-Temperaturen. Diese Mission dauerte vom 16. Juli 1974 bis zum 25. Sept. 1975.

Ergebnisübersicht

- AEROS-A war der erste "aeronomische" Satellit, in dem Sinne, daß neben Dichte und Temperaturen der neutralen und ionisierten Konstituenten auch die solare EUV-Strahlung quantitativ erfaßt wurde (Abb. 2).
- Durch Nacheichung im Flug gelang erstmals eine längere Meßreihe des solaren EUV-Spektrums mit absoluten Intensitäten. Diese Daten wurden in internationale Modelle eingearbeitet.
- Durch redundante Messung und internen kritischen Vergleich konnten die wichtigsten Zustandsgrößen der neutralen und ionisierten Atmosphäre gemeinsam und zuverlässig bestimmt werden.
- Auf AEROS-B wurde erstmals in der hohen Atmosphäre die Neutral-Temperatur kinetisch gemessen.
- Die absolute Dichtebestimmung des atomaren Stickstoffs erlaubte Verifikationen aeronomischer Theorien und Modelle.
- Gemessene Partialdichten von He, Ar, N, O und N_2 wur-

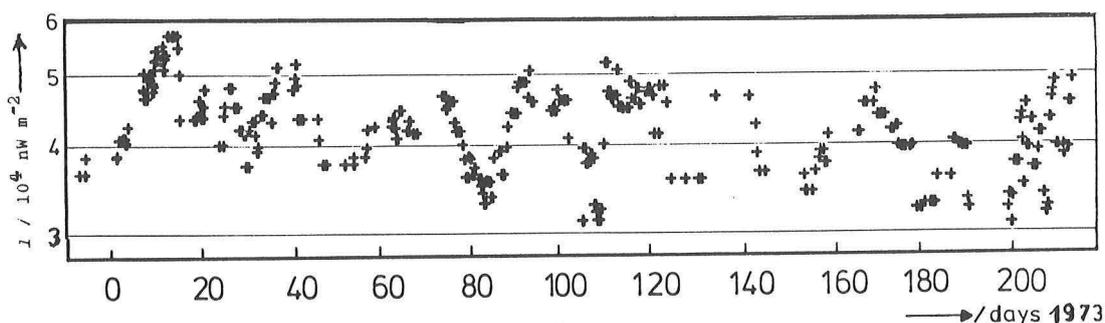


Abb. 2: Tag-für-Tag Intensitäten der Mg X Emission 36,8 nm

den in internationale Atmosphärenmodelle eingearbeitet.

- Erstmals gelang eine thermodynamische Beschreibung des ionosphärischen Plasmas. Maßgeblich dafür waren zuverlässige, gleichzeitige Messungen von Plasmadichte, kinetischen Temperaturen (Elektronen und Ionen) und Ionen-Partialdichten, die - wesentlich für Modelle - erstmals relativ zur Plasma-Gesamtdichte ausgegeben werden konnten.

- Erstmals wurde die suprathemische Elektronenpopulation erfaßt. Sie nimmt in den Polkappen und bei Ionosphärenstürmen ganz erheblich zu.

- Die Plasmameßwerte, insbesondere Elektronen- und Ionen-Temperaturen und Zusammensetzung der Ionen, haben einen wesentlichen Beitrag zur Internationalen Referenz-Ionosphäre geliefert.

Während das langfristige Verhalten der atmosphärischen Daten mit der solaren EUV Strahlung korreliert ist, sind die kurzzeitigen Schwankungen der atmosphärischen Zustandsgrößen nicht unmittelbar deren Fluktuationen zuzuordnen, weil komplizierte atmosphärische Phänomene zusätzlich einwirken.

Vergleiche mit anderen Daten

Nach Ablauf der A-Mission wurden auch andere Satelliten mit aeronomischer Zielsetzung gestartet, die wenigstens einige vergleichbare Messungen ausführten. Mit AEROS-B waren die Satelliten AE-C, ISIS-2, San Marco 4, S3-1 und TAYO zumindest zeitweise im Umlauf und lieferten vergleichbare Daten, vor allem die amerikanischen ISIS-2 und S3-1 und der japanische TAYO sind hervorzuheben. Für Bahnkreuzungen mit ISIS-2, meist in hoher Breite, wurden Plasmadichten verglichen und sowohl untereinander als auch mit Ionosondenmessungen am Boden so gut übereinstimmend gefunden, wie bei den örtlichen und zeitli-

chen Differenzen in hoher Breite erwartet werden konnte. Beim Vergleich mit Elektronendichten von TAYO, der eine stärker exzentrische Bahn hatte, wurden Gradienten in der Oberseite des Ionosphären-Profiles bestimmt. Bestens für Vergleiche geeignet waren Kreuzungen von IP mit S3-1; hier lag die Differenz der Elektronendichten bei nur $\pm 10\%$. Anders, nämlich vom Boden aus mit 'inkohärenter Streuung' (IS), gemessene ionosphärische Temperaturen wurden auch verglichen. Dabei ergab sich eine Übereinstimmung von in-situ- und IS-Daten (Abb. 3 und 4), was in früheren Missionen nie erreicht worden war.

Globale Ergebnisse

Die *solare EUV-Strahlung*, erstmals mit laufender Nacheichung in 42 Unterbereichen gemessen, konnte für aktuelle, quantitative aeronomische Berechnungen herangezogen werden. Im zeitlichen Verhalten unterschieden sich Korona-Emissionen hochionisierter Atome (Abb. 2) deutlich von denen aus niedrigeren Schichten.

Ein *Modell der neutralen Atmosphäre* wurde aus der Gesamtheit der gut übereinstimmenden O-Daten von NATE, NIMS und EUV, den N₂-Daten von NATE und den Perigäumsdichten von ADA nach einem Kugelfunktionsalgorithmus erstellt, gültig für minimale solare Aktivität (1973). Aus N₂-Daten wurden Exosphären-Temperaturen ermittelt. Bei magnetischen Störungen treten unregelmäßig kräftige Erhöhungen in hohen Breiten auf (Abb. 5).

Für die *Dichte des atomaren Stickstoffs* wurde aus NIMS-Daten von AEROS-B ein Modell erstellt, das die bei Tag und Nacht sehr unterschiedliche Abhängigkeit von der Breite zeigt (Abb. 6).

Die *Plasmadichte* ist stark abhängig vom Magnetfeld. Für Ausbreitungsvorhersagen von Radiowellen benutzt man

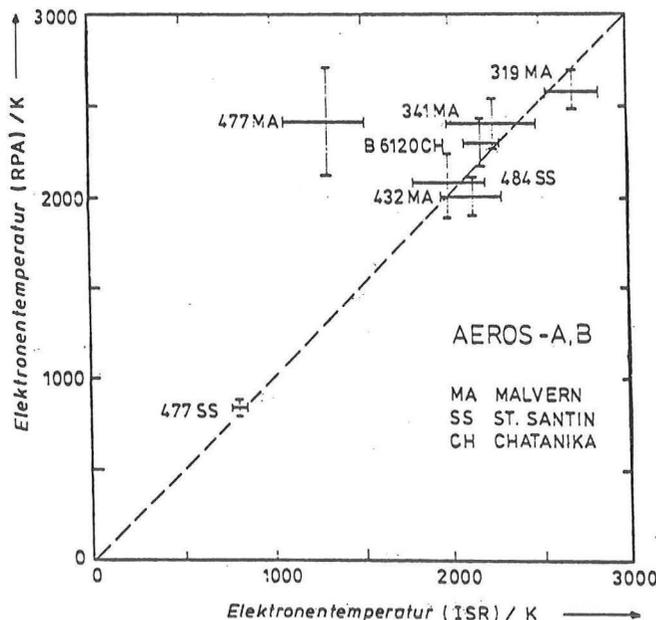


Abb. 3: Elektronentemperatur: RPA und inkohärente Streuung

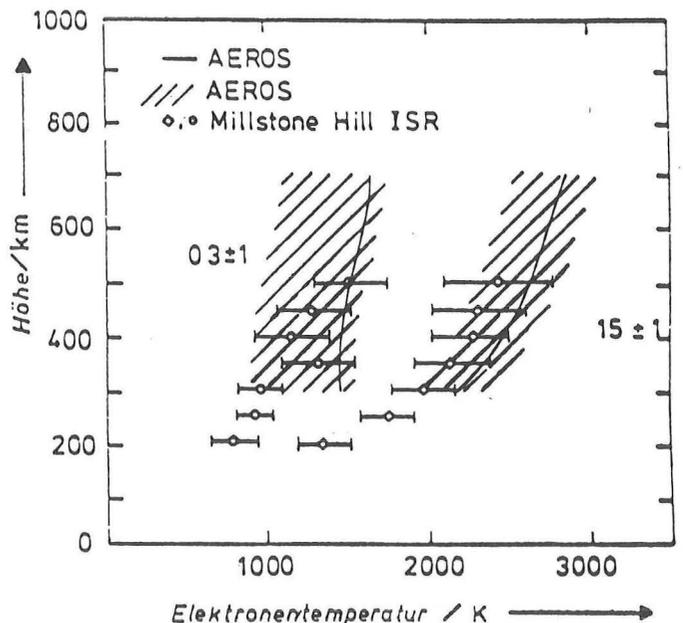


Abb. 4: Profil der Elektronentemperatur nach RPA (Mittel, Streubereich) und IS (Millstone)

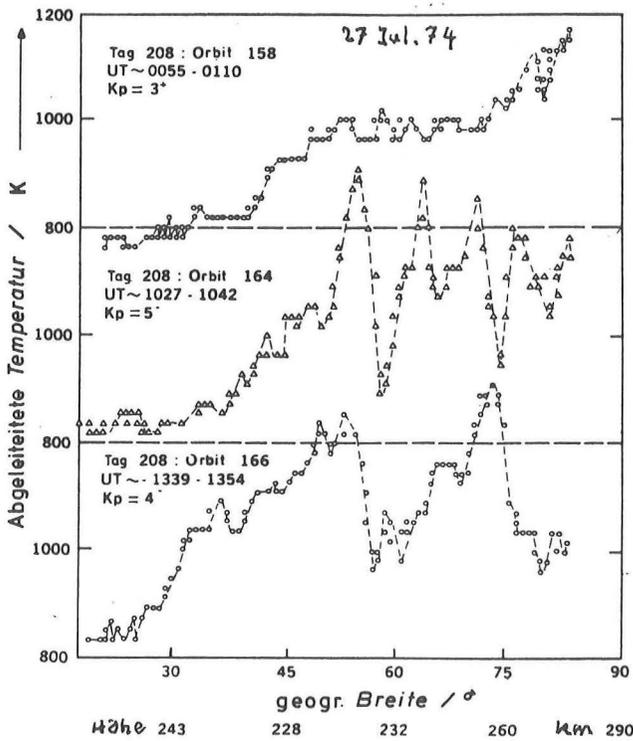


Abb. 5: Exosphärentemperatur bei 3 Passagen am gleichen Tag (aus N_2 -Dichten, NIMS)

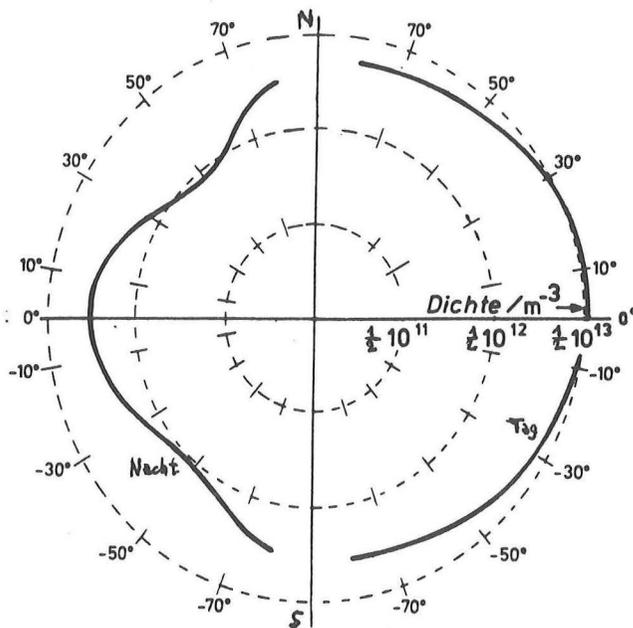


Abb. 6: Breitenabhängigkeit des atomaren Stickstoffs in 320 km Höhe, Sept. 1974

eine Koordinate, die im Äquatorbereich dem realen Magnetfeld angepaßt ist, den "MODIP". Das weltweite Modell des Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) für die Elektronendichte im Gipfel der Ionosphäre beruht auf Sondierungen an vielen, leider ungleichmäßig verteilten Stationen (Option in IRI). Beiderseits des Perigäums, Abb. 7, schneidet die Bahn das Gipfel-

Niveau. Nach Umrechnung der AEROS-B (IP) Daten auf den Gipfel konnten Vergleiche mit dem Modell des CCIR erhalten werden (Abb. 8). Sie zeigen starke Abweichungen vom Modell in den Längenbereichen, wo die Belegung mit Ionosondenstationen unzureichend war.

Das für die Funkortung wichtige *Elektronendichteprofil* konnte mit Modellen verglichen werden. Die Breitenabhängigkeit der Höhe des Ionisationsmaximums ist dabei wesentlich. Verschiedenste Formeln sind im Umlauf; durch Vergleich bei Gipfelpassagen konnte zwischen ihnen entschieden werden (Abb. 9).

Die *chemische Zusammensetzung der Ionen* hat vor allem aeronomisches Interesse. IRI (Internationale Referenz-Ionosphäre) fordert relative Partialdichten (gegen gesamte Plasmadichte). Entsprechende RPA Daten sind sofort in die IRI eingebaut worden, sie gelten noch heute als Basisdaten. Abb. 10 zeigt die wichtigsten Spezies in Abhängigkeit von der Höhe.

Zur *Elektronen-Temperatur* wurden umfangreiche, von RPA gewonnene Daten in einem analytischen Modell zusammengefaßt, das ebenfalls in den entsprechenden IRI-Code eingegangen ist. Die monatliche Streuung der Meßwerte an festem Ort zeigt Abb. 11, ebenso starke Abweichungen an magnetisch gestörten Tagen!

Besonderes Interesse verdienen *suprathermische Elektronen*, deren Flüsse von RPA in Energiestufen bis 24 eV gemessen wurden (s. Abb. 12). In mittleren und niederen Breiten entsteht diese Population in erster Linie durch Degradation von Photoelektronen. In magnetisch hohen Breiten kommt korpuskulare Erzeugung hinzu. Zeitliche Änderungen sind erheblich.

Lokale Phänomene

Die hohe Atmosphäre unterliegt einerseits den Einflüssen solarer Einstrahlung, andererseits irdischen Einwirkungen, z.B. dem Magnetfeld, ganz besonders in der Ionosphäre. Lokale Anomalien treten vor allem am magnetischen Äquator und in den Polargebieten auf. Am Rande der Polkappen ist die Breitenabhängigkeit nahezu un stetig: bei Tag bildet sich eine 'Kluft' aus, bei Nacht der sog. 'Trog'. Beide Phänomene wurden in Elektronendichte von IP, in Dichte und Temperatur von RPA häufig erfaßt. Die Lage des Trogs hängt vom magnetischen Störungsgrad (K_p) ab. In Abb. 13 (IP-Daten) ist diese Abhängigkeit dargestellt und eine gegen frühere Veröffentlichungen verbesserte Formel angegeben.

Ereignisse

Während der beiden Missionen wurden häufig Abweichungen vom normalen Verhalten beobachtet, z.B. solare Eruptionen (Abb. 14) und deren Folgen, magnetische Störungen usw. Dank der für damalige Verhältnisse schnellen Meßfolge von IP konnten in der B-Mission auch räumliche Fluktuationen in der Elektronendichte erfaßt werden. Sie sind wohl hauptsächlich Schwerewellen zuzuschreiben. Abb. 15 zeigt in der F-Region beobachtete Spektren in einem mittleren Breitenbereich.

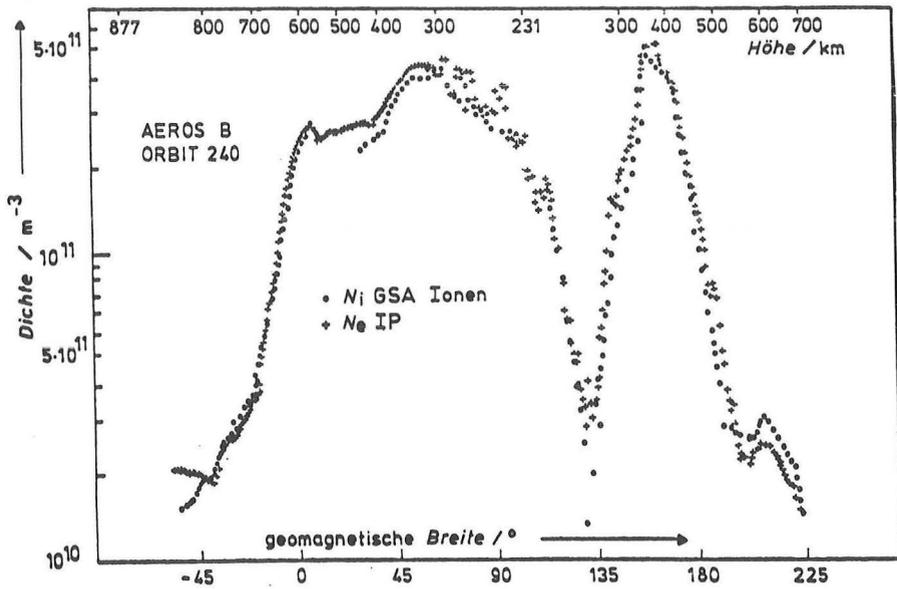


Abb. 7: Elektronendichte nach IP (Kreuze) und Ionendichte nach RPA (Punkte); links Tag, rechts Nacht.

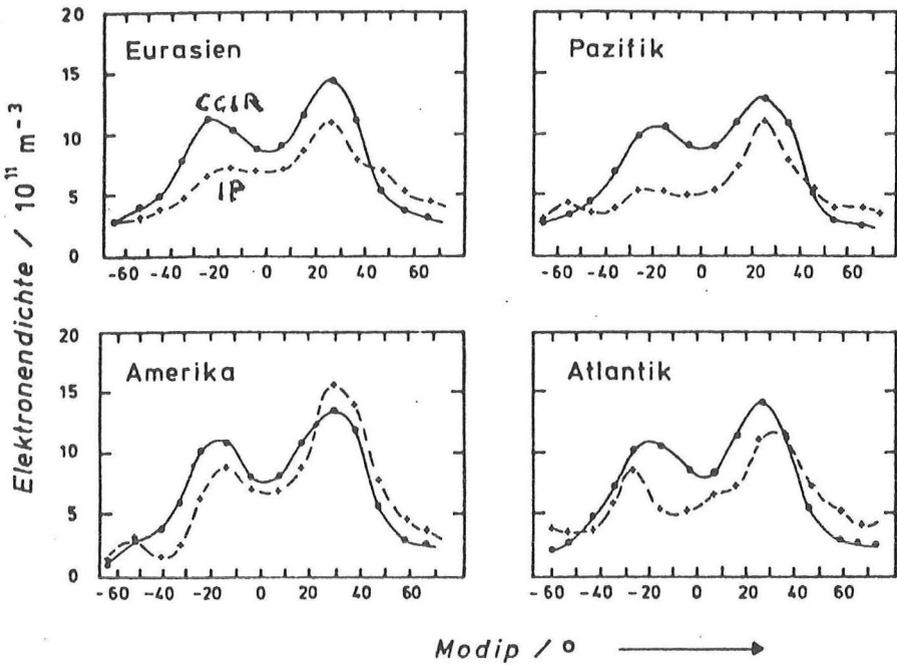


Abb. 8: Gipfeldichte (Breitenschnitte, gemittelt): CCIR-Modell (----), IP-Daten (- - -)

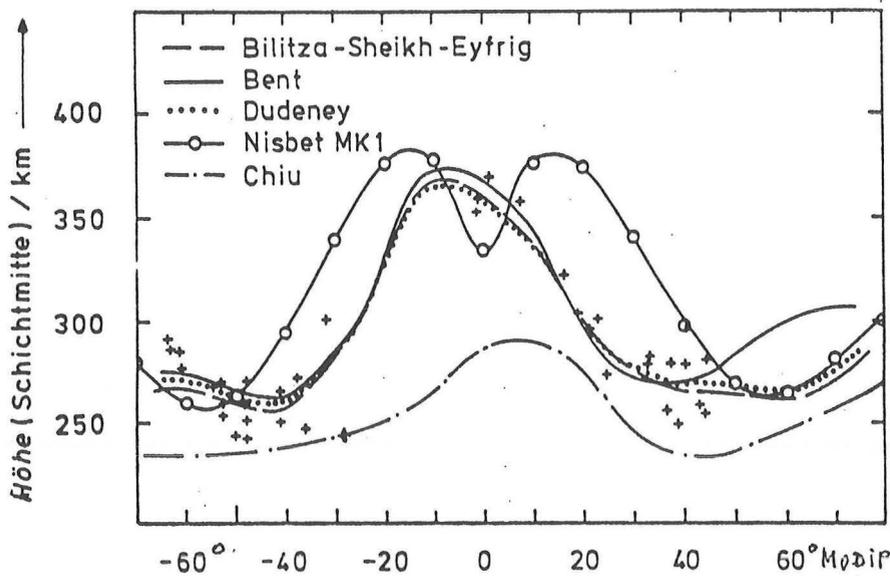


Abb. 9: Breitenschnitt Gipfelhöhe IP: +, Kurven verschiedener Autoren

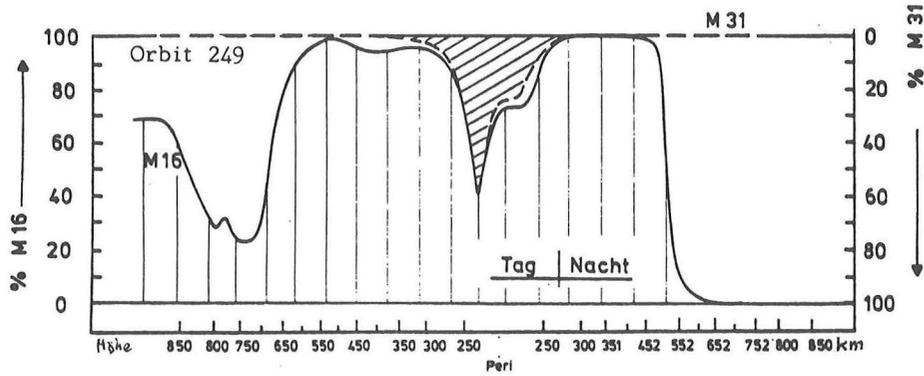


Abb. 10: Ionen-Zusammensetzung; molekulare (M 31, weiß), O^+ (M 16, senkrecht schraffiert) und leichte Ionen (M 2, 4, schräg schraffiert)

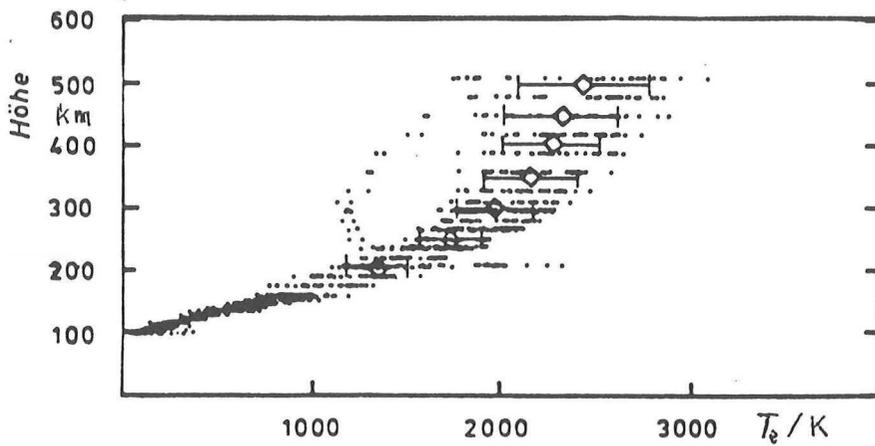


Abb. 11: Elektronentemperatur (Höhenprofil); Rauten - gemittelte IS-Ergebnisse (Millstone) mit Streubereich, Punkte - RPA-Einzelmessungen in der Umgebung.

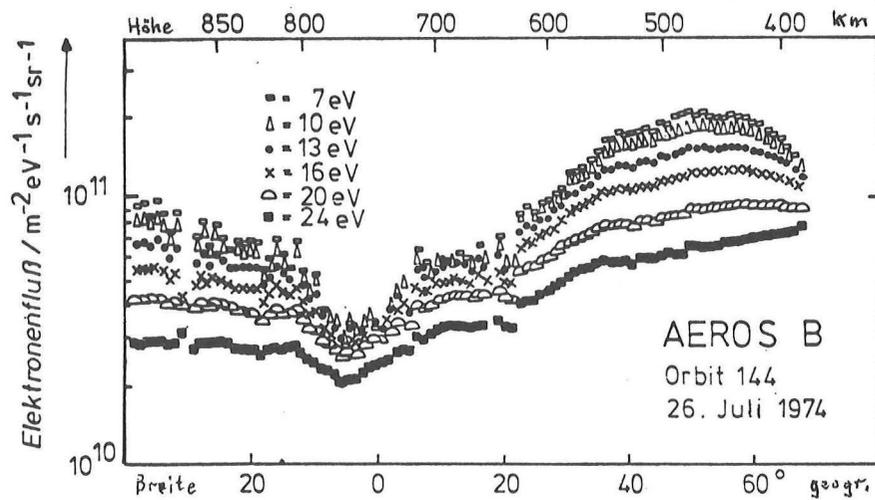


Abb. 12: Differentielle Flüsse supra-thermischer Elektronen in sechs Energiebereichen um 7...24 eV; 24. Juli 1974, Tagseite.

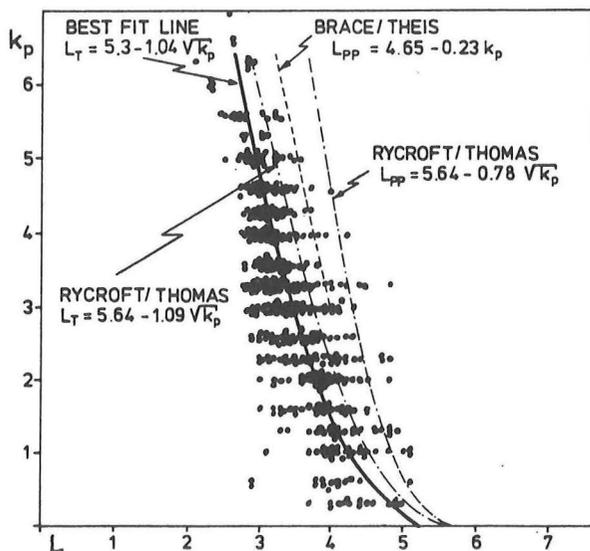


Abb. 13: Lage des Trogs (Mc Illwain-Koordinate L) abhängig von K_p

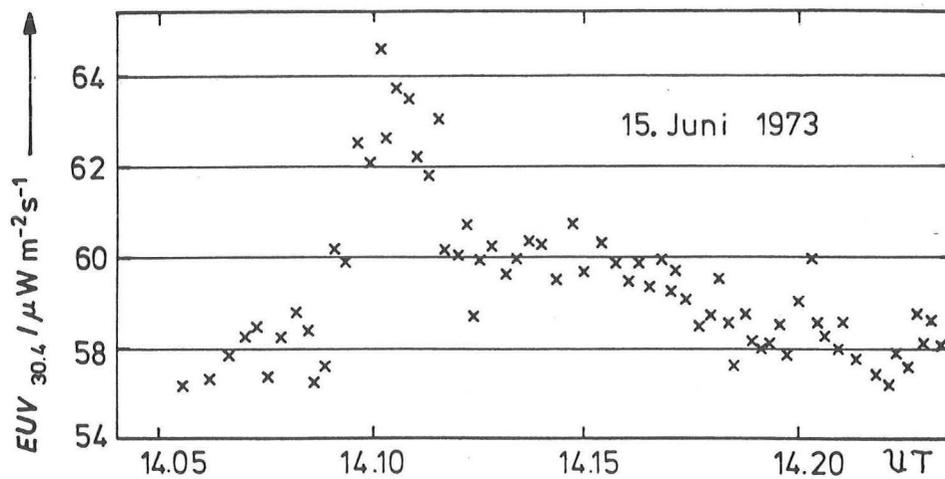


Abb. 14: Intensität von He II (30,4 nm) bei einer Eruption

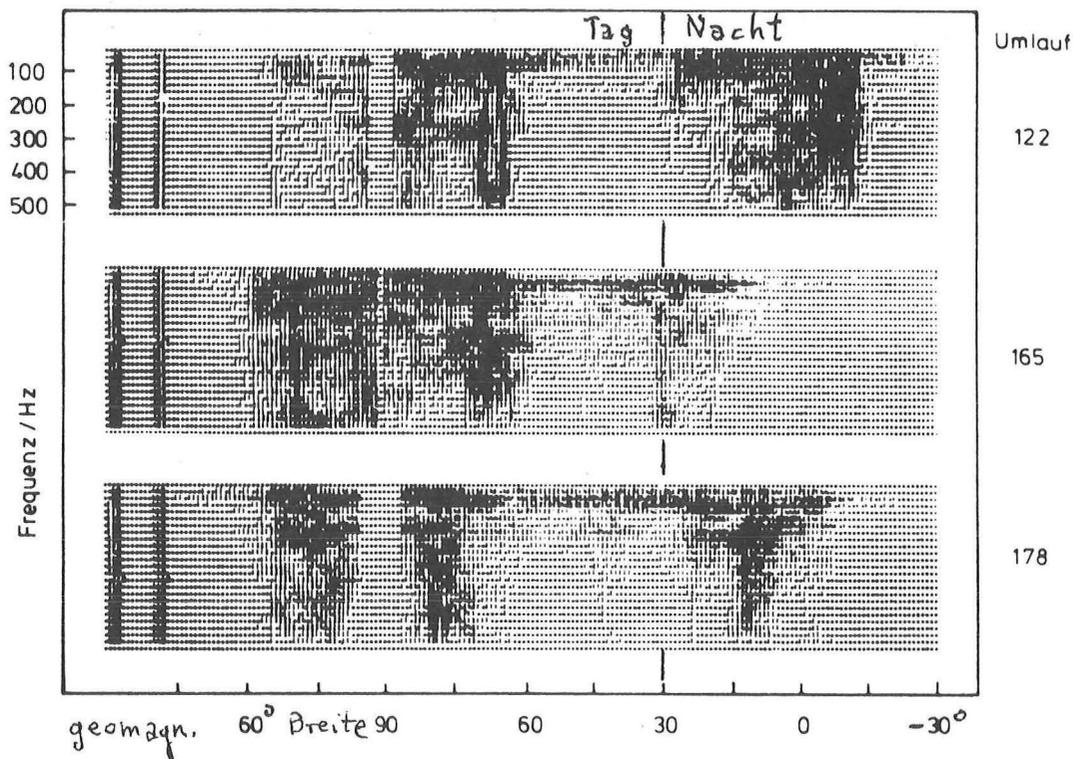


Abb. 15: Frequenzanalyse räumlicher Fluktuationen der Elektronendichte nach IP-Daten

Schlußbemerkungen

Dank integrierter Auswertung haben die beiden AEROS-Missionen eine Fülle zuverlässiger und aeronomisch interessanter Ergebnisse erzielt. Sehr viele sind in deskriptive atmosphärisch-ionosphärische Modelle eingegangen, z.B. KÖHNLEIN (1984). Besonders hilfreich waren ionosphärische AEROS-Ergebnisse für das COSPAR/URSI-Projekt "International Reference Ionosphere", s. BILITZA (1990), dem letzten gedruckten Bericht, jetzt ersetzt durch einen Rechner-Code im amerikanischen NSI-DECnet. Die aeronomische Berechnung der atmosphärisch-ionosphärischen Daten aus den beobachteten EUV-Intensitäten (ROBLE & SCHMIDTKE 1979) konnte stärkere Fluktuationen der atmosphärischen Daten nicht erklären, obwohl vergleichbare Mittelwerte erhalten wurden.

Literatur

Das AEROS-Projekt hat zu etwa 100 wissenschaftlichen Veröffentlichungen geführt; eine bis 1979 vollständige Liste findet sich in LÄMMERZAHL et al. (1979). Im vorliegenden Text wurde auf eine vollständige Auflistung verzichtet.

BILITZA, D. (1990): International Reference Ionosphere 1990. - Science Applications Research Lanham Md. (NSSDC / WDC-A R&S).

KÖHNLEIN, W. (1984): A Model of the Geo-Ionosphere. - Bonn (Astronomisches Institut der Universität).

LÄMMERZAHL, P., K. RAWER & M. & RÖMER (1979): Ergebnisse des AEROS-Satellitenprogramms. - Heidelberg (Max-Planck-Institut für Kernphysik).

ROBLE, R.G. & G. SCHMIDTKE (1979), J. Atmos. Terr. Phys. **41**: 153.

VIERTES KAPITEL GEOPHYSIKALISCHE AUFGABEN

Beobachtungen, Ergebnisse und Hypothesen zur Wärmelehre des Erdkörpers - eine historische Betrachtung der Geothermie

Günter Buntebarth

Allgemeine Entwicklung im 18. und 19. Jahrhundert

Mit der Entwicklung der Fachdisziplin Geophysik wuchsen ebenso ihre Teilgebiete, auch wenn sie zunächst völlig separat betrachtet wurden. Die Zunahme der Erkenntnisse über die Temperaturen auf und in der Erde führten in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zur Geothermie. Der Wortstamm wurde von Adolph Theodor von Kupffer (1799-1865) geprägt. Nachdem Kupffer im Jahre 1829 unter Verwendung zahlloser Daten festgestellt hatte, daß die Bodentemperaturen mit den Lufttemperaturen in der Regel gar nicht übereinstimmten, stellte er eine Karte mit beiden Angaben vor und bezeichnete nun die Linien gleicher Bodentemperaturen als *Isogeothermen*, um sie von den sonst bekannten Karten der Lufttemperaturen, den *Isothermen* zu unterscheiden. Obwohl ein allgemeiner Unterschied später widerlegt wurde, lebte der Wortstamm fort und wurde gelegentlich benutzt. Dem Fachgebiet kam das von Carl Gustav Bischof (1792-1870) verfaßte Buch "Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers" (1837) sehr zugute, und als Carl Friedrich Naumann (1797-1873) sein "Lehrbuch der Geognosie" 1849 herausgab, widmete er ein 35seitiges Kapitel dem Thema: "Temperatur des Erdinnern; Geothermik". Er prägte auch den lange Zeit und hauptsächlich in der Geologie benutzten Ausdruck *geothermische Tiefenstufe* als reziproken Temperaturgradienten, und Christoph Friedrich Hänle schrieb 1851 eine Abhandlung über die Entstehung der inneren Erdwärme. Die Blütezeit der geothermischen Forschung hatte begonnen, die auch ganz wesentliche Impulse durch Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) mit seinem Werk über die Theorie der Wärme (1822) erhielt und neues Licht auf den thermischen Zustand des Erdinnern warf.

Der innere Zustand der Erde und ihre Entwicklungsgeschichte waren schon in der Antike von großem Interesse, und dieses Interesse wurde von René Descartes (1596-1650) und Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) wieder geweckt. Auch Isaac Newton (1642-1727) bekräftigte aufgrund des an den Polen abgeplatteten Erdsphäroids das glutflüssige Innere der Erde, das Leibniz annahm.

In genialer Weise belebte Georges Louis LeClerc de Buffon (1707-1788) gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Diskussion zur Entstehung der Erde. Aus astronomischen Beobachtungen der Planetenbahnen leitete er ab, daß die Planeten einst Teil der glutflüssigen Sonne waren und nach einem Kometenaufprall aus der Sonne geboren wurden. Von nun an begann das eigenständige Leben auch der Erde. Um ihren thermischen Ablauf nachempfinden zu können, machte Buffon mit auf Rotglut erhitzten Eisenku-

geln Abkühlungsversuche und schätzte daraus als erster eine thermische Entwicklungsgeschichte der Erde ab, die ihre gegenwärtige wohltemperierte Oberfläche 74.800 Jahre nach ihrer Entstehung erreicht hat. Diese Berechnung war der erste Versuch, eine längere Entwicklungsgeschichte der Erde zu diskutieren als sie die Genesis der Bibel vorgab, mit der im Prinzip alle Theorien im Einklang stehen mußten.

Die Annahme eines glutflüssigen Erdinnern und einer doch kalten Erdoberfläche sollte für eine generelle Temperaturzunahme mit der Tiefe sprechen, jedoch wurde diese Tatsache über Jahrhunderte diskutiert, scheinbar widerlegt und auch aus Erfahrungen nachgewiesen. Seit dem Mittelalter war es für die Bergleute selbstverständlich, daß die Temperatur mit der Tiefe zunimmt. Athanasius Kircher (1601-1680) berichtet 1665 in seinem bedeutenden Werk "Mundus subterraneus" über die Erfahrungen der Bergleute in Schemnitz (Slowakei). In der Wissenschaft wurde jedoch diese Beobachtung bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts angezweifelt, weil die Körperwärme der Bergleute, die Wärme der Lampen und die Kompression der Luft die beobachtete Erwärmung verursacht hätten. Ein weiteres Argument führte Georg Friedrich Parrot (1767-1852) in seinem Buch "Physik der Erde" 1815 an, in dem er einwendet, daß in Meeren und Seen die Temperatur mit der Tiefe nicht zu-, sondern abnimmt. Eben diese Tatsache wurde aber bald als Beweis des Gegenteils genutzt.

Der allgemeine Gebrauch des Thermometers half auch der Geothermie weiter bei der Lösung des Problems der Temperaturänderung mit der Tiefe. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wuchs die Datenmenge so stark an, daß bald kein Zweifel mehr an der Temperaturzunahme bestand und konkrete Angaben zum Gradienten gemacht werden konnten. Frühe Messungen aus dem 18. Jahrhundert wurden aus den Vogesen publiziert. Gesanne berichtete ca. 1780 aus dem Permafrostgebiet bei Jakutsk, wo in 90 m Tiefe der Boden noch gefroren ist, was als Gegenargument zum Temperaturanstieg gewertet wurde.

Während in Europa die Zahl der Messungen schnell anwuchs, blieben Daten von anderen Kontinenten noch lange Zeit eine Ausnahme. Alexander von Humboldt (1769-1859) berichtet über Messungen in Südamerika und Mexiko, William Barton Rogers (1804-1884) über Temperaturen in Virginia und George Everest (1790-1866) über Messungen in Indien. Eine erste Kompilation von Daten aus europäischen Erzbergwerken wurde von Pierre Louis Cordier (1777-1831) in den Jahren 1827-28 publiziert. Er stellte einen Mittelwert des Gradienten von $0,04^{\circ}\text{C}/\text{m}$ fest. Nur wenig später, 1834, brachte Ferdinand Reich (1799-

1882) alle bekannten Daten aus den sächsischen Bergwerken heraus und fand einen Mittelwert von $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Die ausführlichste Kompilation aber wurde im preußischen Auftrag von Berghauptmann Gerhard (1831) erstellt. Er folgerte aus den Daten, daß die Temperatur allgemein mit der Tiefe zunimmt, die Zunahme zwischen $0,0087$ und $0,064^{\circ}\text{C}/\text{m}$ liegt und der Mittelwert $0,018^{\circ}\text{C}/\text{m}$ beträgt. Ferner stellte er fest, daß in Kohlenbergwerken der Gradient doppelt so hoch ist wie in anderen Bergwerken. Trotz der umfangreichen Daten sah er sich aber nicht in der Lage, ein allgemeines Gesetz der Temperaturzunahme abzuleiten.

Die Variation im Temperaturgradienten wurde im wesentlichen durch Wassermigration erklärt, aber auch mit unterschiedlichen thermischen Gesteinseigenschaften, mit chemischen Reaktionen in Kohlenflözen und unterschiedlichen Permeabilitäten. Nun gewann die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine an Bedeutung und wurde von Pierre Michel Édouard Janetaz (1832-1899) zuerst und danach von Emil Less (1855-1935) und Joseph Prestwich (1812-1896) an trockenen und wassergesättigten Proben bestimmt.

Ein weiteres Hauptproblem stellte sich mit der Energieeinstrahlung der Sonne und der damit verbundenen Frage, bis zu welcher Tiefe die Sonnenwärme hineinreicht. Der Durchbruch zur Problemlösung gelang mit Aufzeichnungen der Temperatur im Keller der Pariser Sternwarte, der 28 m unter der Erdoberfläche liegt. Nach der Auswertung der Daten von 1671 bis 1740 konnte George Martine (1702-1741) folgern, daß die Erde ihre eigene Wärmequelle im Inneren hat (MÜNCKE 1827, S. 986). Schon vorher konnten Philippe de la Hire (1640-1718) und Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) in diesem Keller keinerlei Änderung der Temperatur bemerken. In den folgenden 100 Jahren betrug die Änderung nur wenige Hundertstel Grad. Die Feststellung einer konstanten Temperatur trug zur Klärung der Eindringtiefe der Sonnenwärme bei, und es wurde diejenige Tiefe, bei der der tägliche und jährliche Temperaturgang nicht mehr nachweisbar waren, als die *neutrale Schicht* bezeichnet. Wenn fortan von einer Temperaturzunahme im Erdinnern berichtet wurde, setzte man stets voraus, daß Tiefen unterhalb der neutralen Schicht gemeint waren. Der von der Sonnenwärme erfaßte Tiefenbereich war schon im 18. Jahrhundert Gegenstand analytischer Betrachtung. Johann Heinrich Lambert (1728-1777) errechnete zuerst eine Eindringtiefe, und nach Bekanntwerden von Fouriers Wärmetheorie bot Georg Wilhelm Müncke (1772-1842) eine analytische Lösung für die Ausbreitung einer Temperaturwelle 1827 in Gehlers physikalischem Wörterbuch an. Einige Jahre später berichtet Siméon-Denis Poisson (1781-1842) über die exponentielle Abnahme der Amplitude mit der Tiefe in seiner "Théorie mathématique de la chaleur", und kurz danach behandelt Lambert-Adolphe-Jacques Quetelet (1796-1874) den Tages- und Jahresgang der Oberflächentemperatur als Sinuswelle. Verschiedene Autoren untersuchten dieses Thema noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts, wie Ernst Friedrich Dorn (1848-1916), Carl Emil Mischpeter (*1847) und S. Tetsu Tamura (BUNTEBARTH 1996).

In letzter Zeit hat dieses Arbeitsgebiet wieder an Aktualität gewonnen, weil aus Temperatur-Tiefen-Profilen in Boh-

rungen mancherorts eine Temperaturgeschichte der Erdoberfläche rekonstruiert werden kann.

Die Temperatur der Erdoberfläche

Unter den Seefahrern war es eine bekannte Erfahrung, daß die Temperaturen auf der nördlichen Hemisphäre anders verteilt sind als auf der südlichen. Die Breitenabhängigkeit der Oberflächentemperatur konnte Johann Tobias Meyer (1723-1762) zum ersten Mal beschreiben. In den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts folgten dann systematischere Studien von Adolph Theodor von Kupffer und Ludwig Friedrich Kämtz (1801-1867). 20 Jahre danach untersuchte Antoine César Bequerel (1788-1878) die Temperaturabnahme mit der Höhe über Meeresniveau.

Die Temperaturmessung im Untergrund

Frühe Temperaturmessungen wurden in Bergwerken und später in Bohrlöchern von der Oberfläche aus gemacht. Das Thermometer wurde Ende des 16. Jahrhunderts von Galileo Galilei (1564-1642) erfunden und war im 17. Jahrhundert verbreitet. Das Thermometer konnte jedoch nicht in den für die Messung vorgesehenen Bohrlöchern abgelesen werden. Es mußte erst herausgeholt werden, und dabei veränderte sich die Temperatur wieder. Um diesen Nachteil auszugleichen, wurden zwei Typen entwickelt: der eine Typ war das Maximum-Thermometer von Heinrich Gustav Magnus (1802-1870) und das von Francois Hippolite Walferdin (1795-1880), beide Geräte waren auch für tiefe Bohrlöcher geeignet, weil das Ausdehnungsgefäß einen offenen Überlauf hatte, aus dem das sich ausdehnende Quecksilber in ein Auffanggefäß floß. Die Maximum-Thermometer von Magnus, auch Geothermometer genannt, waren noch vor wenigen Jahrzehnten in Gebrauch. Der zweite Typ war so konstruiert, daß das Ausdehnungsgefäß von einer größeren Masse umgeben war, um die Wärmekapazität möglichst groß zu machen, damit die Temperatur bis zur Ablesung gehalten werden kann. Wegen der langen Wartezeit bis zum Temperaturengleich am Meßort hat sich dieses Thermometer nicht durchgesetzt.

Die ersten Versuche mit elektrischen Sensoren (Widerständen, Thermolementen) machte Antoine César Bequerel Mitte des 19. Jahrhunderts. Verlässliche Meßmethoden wurden aber erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelt. Von den in den 50er Jahren aufkommenden Halbleitern setzten sich später Thermistoren als Temperatursensoren durch, obwohl für spezielle Zwecke auch Widerstands- und Quarzsensoren eingesetzt werden.

Die Temperaturmessungen unterhalb der Erdoberfläche blieben lange Zeit auf nur sehr wenige Punkte beschränkt, und aus der Temperaturdifferenz wurde die geothermische Tiefenstufe errechnet, über die aus verschiedenen Bergbaugebieten Europas berichtet wurde.

Das erste äußerst sorgfältig zusammengestellte Temperatur-Tiefen-Profil wurde 1872 aus der Forschungsbohrung Sperenberg I erhalten. Es war nicht nur die damals längste Temperaturreihe, sondern es war auch die damals mit 1270 m tiefste Bohrung der Welt. Bergrat Eduard Dunker (1808-1894) vom Oberbergamt Halle war mit den Temperatur-

messungen betraut. Er gab eine Parabel als beste Kurve durch die Meßwerte an, was ihm so viel Kritik einbrachte, daß er später die Parabel durch eine Gerade ersetzte. Die Temperaturverteilungen in etwas späteren Tiefbohrungen desselben Oberbergamtsbezirkes ergaben eine mittlere geothermische Tiefenstufe von 30 m/°C, die als global gültig bis Mitte des 20. Jahrhunderts angenommen wurde.

Robert Were Fox (1789-1877) hat 1822 dargelegt, daß die Meßwerte durch technische Prozesse im Bergwerk oder in einer Bohrung verfälscht sein könnten wegen der Luft- und Wasserzirkulationen (NAUMANN 1849, S. 49). Auch heute sind diese Art von Störungen ein nicht allgemein zu lösendes Problem. Mit der Zunahme der Auflösung der Temperaturmessungen werden auch die Korrekturen durch die technischen Prozesse komplizierter.

Daß auch die Morphologie der Erdoberfläche die Temperaturverteilung im Untergrund beeinflusst, hat Carl Gustav Bischof erkannt und mit John Herschel (1792-1871) das erste zweidimensionale Temperaturfeld unterhalb einer nicht ebenen Erdoberfläche berechnet. Er nannte die erhaltenen Linien gleicher Temperatur im Untergrund *Chthonisothermen*, um sie von den *Geoisothermen*, eingeführt durch Kupffer 1829, zu unterscheiden, und fand eine konvexe Krümmung der *Chthonisothermen* unterhalb von Bergen und eine konkave Krümmung unterhalb von Tälern. Bischof hat sich sehr für Erkenntnisse des thermischen Zustandes der Erde eingesetzt. Er verifiziert auch die Abkühlungsversuche von Buffon mit geschmolzenen Basaltkugeln. Das Hauptresultat dabei war, daß der Gradient in der Kugel während der Abkühlung nicht konstant ist, sondern zur Mitte hin abnimmt. Dies übertrug er auch auf die Erde. Bischof verfaßte die erste Monographie über die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers. Er wollte aus den Thermalquellen auf die Temperatur in der Erdkruste schließen.

Die Radioaktivität der Gesteine

Die Entdeckung des Radiums und der damit verbundenen Zerfallsreihen des Urans sowie des instabilen Kalium 40 brachten völlig neue Erkenntnisse und Hypothesen über die Temperatur im Erdinnern.

1904 wurde von Carl H.J.B. Liebenow (1853-1906) und Ernest Rutherford (1871-1937) die Bedeutung der Radioaktivität als Wärmequelle der Erde hervorgehoben. Bereits zu jener Zeit konnte Liebenow schließen, daß das Radium nur in einer geringmächtigen Oberflächenschicht vorkommen kann und daß ein Großteil der Wärme, die in das Weltall abgestrahlt wird, von den radioaktiven Elementen geliefert wird. Diese Vorstellung ist seither nur präzisiert worden. Zur gleichen Zeit, 1905, stellte Robert J. Strutt (1875-1947) fest, daß alle Gesteine radioaktive Elemente enthalten, wenn auch in sehr unterschiedlicher Konzentration. Aus deren Halbwertszeit berechnete 1904 Frederick Soddy (1877-1956) das Erdalter zu 1 bis 10 Mrd. Jahren, was damals für wesentlich zu groß gehalten und kaum beachtet wurde.

Die Konzentration der radioaktiven Elemente an der Erdoberfläche hat schon 1913 zu einem Modell mit exponentieller Tiefenabnahme geführt (INGERSOLL & ZOBEL 1913),

das 1915 von Arthur Holmes (1890-1965) und später auch von Harold Jeffreys (1891-1989) übernommen wurde. Seit Robert J. Strutt die Abnahme der Gehalte radioaktiver Elemente mit der Basizität der Gesteine erkannte, werden verschiedene Modelle der Abnahme mit der Tiefe diskutiert. Auch umfangreiche Untersuchungen in den letzten Jahrzehnten konnten keine allgemeine Aussage ermöglichen. Jedoch hat der Gesamtgehalt der radiogenen Wärmequellen eine obere Grenze. Wenn angenommen wird, daß sich die Erde abkühlt, muß weniger als der beobachtete Wärmefluß durch die Oberfläche radiogenen Ursprungs sein.

Seit Holmes' Abschätzung wird ca. 2/3 des Wärmeflusses den radioaktiven Quellen der Kruste bzw. des obersten Erdmantels zugeordnet und 1/3 der Wärme aus dem tiefen Erdinnern, die durch Konduktion die Oberfläche erreicht und damit zur Abkühlung der Erde beiträgt.

Eine überraschende und vieldiskutierte Feststellung war die Korrelation zwischen dem Gehalt radiogener Wärmequellen von Gesteinen an der Oberfläche und der Wärmeflußdichte innerhalb einer geologischen Einheit, die als Wärmeflußprovinz definiert wurde (BIRCH et al. 1968, LACHENBRUCH 1968). Nachfolgend wurde 1980 auch eine Korrelation zwischen der radiogenen Wärmeproduktion und dem geologischen Alter der Gesteine gefunden (VITORELLO & POLLACK 1980).

Die Wärmeflußdichte

Nachdem um die Wende zum 20. Jahrhundert viele Datensammlungen von geothermischen Tiefenstufen und auch ausreichend Messungen des Wärmeleitvermögens bekannt waren, gab es Abschätzungen zum Wärmehaushalt der Erde, die besonders stimuliert wurden durch die Entdeckung der radioaktiven Elemente in den Gesteinen.

Otto Hahn (1879-1968) nahm 1926 für den mittleren Temperaturgradienten 32 K/km, für die Wärmeleitfähigkeit der Erdkruste 1,68 W/mK an und erhielt $25 \cdot 10^{12}$ W bei einer Erdoberfläche von $5,1 \cdot 10^{18}$ cm². Daraus ergibt sich eine mittlere Wärmeflußdichte von ca. 50 mW/m². Es dauerte länger als ein weiteres Jahrzehnt bis Sir Edward C. BULLARD (1907-1980) im Jahr 1939 die ersten experimentellen Bestimmungen der Wärmeflußdichte veröffentlichte. Auch die folgenden Jahrzehnte brachten keine deutliche Vermehrung der Meßpunkte. 1954 waren insgesamt 63 Messungen bekannt. Nach dem Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957 und speziell der Gründung der Internationalen Heat Flow Commission 1963 innerhalb der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik stieg die Anzahl der Messungen bis 1982 auf über 10.000 Werte an, über die DAVID CHAPMAN (1985) berichtet. Während Walter M. Elsasser (1904-1991) noch 1967 zeigte, daß die Wärmeflußdichte in ozeanischen Gebieten mit der auf Kontinenten übereinstimme, ergibt sich aus der Vielzahl der Messungen ein differenzierteres Bild.

Die mittlere Wärmeflußdichte aller Ozeane beträgt aus den Messungen 66 mW/m², die bei gleichmäßiger Verteilung der Meßpunkte jedoch 99 mW/m² betragen müßte. Der Mittelwert auf den Kontinenten und den Kontinentalrändern beträgt nur 57 mW/m². Es wird damit gezeigt, daß die

Abkühlung der Erde auf den Ozeanen effektiver ist als auf den Kontinenten. Die Wärmeflußdichte ist auch grundsätzlich verschieden zusammengesetzt. Die an den mittelozeanischen Rücken aufsteigende ozeanische Kruste kühlt sich nach den Rändern hin ab und erreicht erst in großer Entfernung die niedrigen Werte, die der reinen Wärmeleitung aus der Tiefe zugeordnet werden können. Auf den Kontinenten hingegen ist der Hauptbeitrag zum Wärmefluß die radiogene Wärme aus der mächtigeren Kruste. Aber auch dort gibt es einen zeitabhängigen Beitrag wie WILLIAM H.K. LEE (1965) darstellt. Die Zusammenstellung von DAVID CHAPMAN (1985) ergibt für Alte Schilde von archaischem Alter nur 41 mW/m² und für tertiäre Gebiete 71 mW/m².

Die Temperatur im Mantel und Kern

Seit René Descartes und Gottfried Wilhelm Leibniz wird ein glutflüssiger Kern im Erdinnern angenommen. Der Vulkanismus wurde als direkter Beweis dafür angesehen, und diese zentrale Schmelze, auch Zentralfeuer genannt, war der Rest des bei der Erdentstehung gänzlich geschmolzenen Körpers. Mit Überlegungen dieser Art mußte natürlich die Temperatur mit der Tiefe zunehmen, was Athanasius Kircher auch aus den Erfahrungen der Bergleute berichtete. Jedoch war die Meinung verbreitet, daß keine Wärme aus dem Innern an die Oberfläche dringen könne, weil die Kruste sie nicht hindurchleite. Die neutrale Schicht stellt das Gleichgewicht dar, wo die Wirkung von der Sonne sozusagen die innere Wärme stoppt. Gegner dieser Vorstellung waren Hermann Boerhaave (1668-1758) und Jean-Jaques d'Ortous de Mairan (1678-1771), die mit Beobachtungen in Bergwerken die Temperaturzunahme belegten. Nach der Verbreitung von Fouriers Wärmetheorie ging es dann nur noch um den Grad der Temperaturzunahme und Abschätzungen der Temperatur im flüssigen Erdinnern.

Temperaturen für das tiefste Erdinnere wurden von Pierre Louis Antoine Cordier mit 250.000 Grad und von Poisson sogar mit 2 Millionen Grad abgeschätzt, was er jedoch selbst als Argument gegen eine lineare Temperaturzunahme nutzte. Bischof hatte dann 1835 gezeigt, daß der oberflächennahe Temperaturgradient nicht konstant für die gesamte Erde angenommen werden kann. Seine Versuche mit sich abkühlenden Basaltkugeln hatten ergeben, daß der Gradient zum Kugellinnern hin abnimmt.

Andere Abschätzungen gingen von Temperaturen der flüssigen Lava aus und setzten im flüssigen Erdkern konstante Temperaturen voraus, die bedingt sind durch konvektiven Ausgleich. Die so geschätzten Temperaturen lagen bei 2000°C. Vertreten wurde diese Hypothese von Descartes, Leibniz, auch von Buffon, später auch von Fourier und Cordier mit erweiterter Begründung. Poisson stellte sich gegen die Annahme eines Zentralfeuers und argumentierte, die Erde durchlaufe heiße und kalte Regionen im Weltall. Auch A. de la Rive (1801-1873) und Charles Lyell (1797-1875) waren Gegner der Annahme eines Zentralfeuers. Sie gaben chemische Prozesse und elektrische Ströme an, die die innere Erdwärme erzeugen.

Bevor die Grundstruktur der Erde mit Hilfe der Seismologie bekannt wurde, war die Einteilung in feste Kruste und flüssigen Kern verbreitet. Untersuchungen zur Dicke der festen Kruste waren auch mit der Frage verknüpft, in welcher Tiefe die Temperatur der flüssigen Lava von bis zu 2.000°C erreicht wurde. Aufgrund der bekannten Temperaturgradienten schätzte Cordier die Mächtigkeit auf 22,5 km. Bischof leitete nach seinen Abkühlungsversuchen eine Tiefe von 50 bis 70 km oder mehr ab. Mary Sommerville (1780-1872) gab 200 Meilen (360 km) 1834 an. Einen völlig anderen Weg beschrieb William Hopkins (1793-1866). Er fand aus Beobachtungen der Nutation der Erdachse und Präzession der Äquinoktien eine Krustendicke von 1/5 bis 1/4 des Erdradius.

Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts, bis in die 20er Jahre hinein, gab es neue Überlegungen zur Temperatur im tiefen Innern der Erde. HERMANN THIENE (1907) grenzte die Temperatur im tiefen Erdinnern mit der Schmelztemperatur der Gesteine als untere Grenze bei 1.000 bis 2.000°C ein und mit einer oberen Grenze, die der abgeschätzten kritischen Temperatur der Eisenmetalle von höchstens 10.000°C entsprach. Emil Wiechert (1861-1928) argumentierte, daß aus den Dichtewerten die Temperatur im Eisenkern höchstens 8.000°C betragen kann. Aus der Entdeckung der Radioaktivität der Gesteine und der Erkenntnis ihrer nur oberflächennahen Verteilung gab August Sieberg (1875-1945) die allgemeine Ansicht wieder, daß bereits in wenigen Zehnern bis Hunderten von Kilometern die Temperatur von 1.500 bis 2.500°C erreicht wird und tiefer die Temperatur nicht mehr wesentlich ansteigt, vielleicht auf 3.000 bis 4.000°C, aber höchstwahrscheinlich nicht auf 8.000°C. Andere Autoren schätzten Temperaturen im Erdinnern aus verschiedenen Überlegungen heraus ab. So nehmen Johann Koenigsberger (1874-1946) eine Kerntemperatur von 3.000°C an, Emil Wiechert eine von 3.300°C, Victor Moritz Goldschmidt (1888-1947) 1.100 bis 1.500°C, Stjepan Mohorovicic (1890-1980) 3.000 bis 4.000°C und Beno Gutenberg (1889-1960) 2.000°C.

Weitere Erkenntnisse wurden in den letzten Jahrzehnten daraus erhalten, daß seismische Diskontinuitäten mit Ergebnissen aus Phasenuntersuchungen in der Hochdruck-Mineralogie erklärt werden. Mit den Gleichgewichtsuntersuchungen an Mineralen unter höchsten Drücken werden seit den 50er Jahren Kerntemperaturen von 5.000 bis 6.000°C für wahrscheinlich gehalten. Alfred E. Ringwood (1930-1993) stimulierte in den 60er Jahren die mineralogische Interpretation und konvektionsfreie Modelle ganz wesentlich.

Die bedeutendsten p,T-Grenzflächen der Phasenumwandlung werden in 670 km Tiefe, an der Kern-Mantel-Grenze und am Übergang vom äußeren zum inneren Kern gesehen.

Um Bildungstemperaturen aus der tieferen Lithosphäre zu bestimmen, wird das Pyroxen-Geothermometer von A. RAHEIM & D.H. GREEN (1974) erfolgreich an Peridotit-Xenolithen aus dem oberen Mantel angewandt. Es ermöglicht, Gleichgewichtstemperaturen bis etwa 1.500°C zu ermitteln. Die Übergangszone vom oberen zum unteren Mantel wird als Phasengrenze gesehen, wo bei gleichbleibendem Chemismus die Kristallstruktur der Olivine in eine

Spinellstruktur übergeht, die mit einer Verdichtung der Materie verbunden ist. Diese Zone liegt bei 350 km Tiefe und erfordert eine Temperatur von 1.400°C, die bis 655 km Tiefe auf 1.600°C ansteigt, und bei weiterer Verdichtung in die Metalloxydstruktur übergeht (E. ITO & T. KUTSURA 1989).

Zahlreich sind die Temperaturabschätzungen, die in den 80er Jahren publiziert wurden. So liegen die Angaben für die Unstetigkeitsfläche in 670 km zwischen 1.550 und 2.000°C (z.B. O.L. ANDERSON 1982, S. SPILIOPOULOS & F.D. STACEY 1984). Mit zunehmender Tiefe wachsen auch die Unsicherheiten in der Abschätzung. So liegen die untere und obere Temperatur ab der Kern-Mantel-Grenze 1.000°C auseinander, wenn die Bestimmungen von J.M. BROWN & T.J. SHANKLAND (1981) und S. SPILIOPOULOS & F.D. STACEY (1984) mit 2.500 bis 3.500°C betrachtet werden.

Noch weiter liegen die geschätzten Temperaturen an der Grenze zum inneren Kern mit 4.400 bis 6.300°C auseinander. Von den genannten Autoren werden die Schmelzpunktcurven des Eisens auf Drücke des Kerns extrapoliert, dabei schätzt das Autorenkollektiv Q. WILLIAMS et al. (1987) höhere Temperaturen ab als die oben genannten.

Einen anderen Weg zeigt J.-P. POIRIER (1986), der nach theoretischen Betrachtungen für die Grenze vom äußeren zum inneren Kern 3.500 bis 4.700°C für wahrscheinlich hält.

Bei einer ansteigenden Temperatur drängt sich die Frage nach der Art der Wärmequelle auf, die auch dafür entscheidend ist, welche thermische Entwicklung die Erde durchläuft.

Die thermische Entwicklung der Erde

Die frühen Vorstellungen zur Entstehung der Erde wurden schon dargestellt. Mit der Entdeckung der radiogenen Wärmequellen kam jedoch die Diskussion zur thermischen Entwicklung der Erde richtig in Gang. Vier Hypothesen wurden aufgestellt (ALLWARDT 1996):

- Thomas C. Chamberlin (1843-1928) erläuterte die langsame Aufheizung der Erde,

- A. Holmes und H. Jeffreys leiteten eine langsame Abkühlung der Erde her,

- John A. Jacobs und andere vertreten eine Wiederaufheizung und

- Francis A. Birch (1903-1992) erkannte im Erdinnern einen stationären Zustand.

Der allgemeine Durchbruch der Theorie von der Kontinentaldrift brachte auch die Modelle der thermischen Entwicklung unseres Planeten in eine neue Richtung. Es wurde ein konvektiver Beitrag zum Wärmetransport berücksichtigt, der erst mit dem Durchbruch der Plattentektonik in den 60er Jahren an Bedeutung gewann und Modelle verdrängte, die auf reine Wärmeleitung beruhen. Als dominierender Faktor des Wärmetransports wurde die Konvektion erkannt.

Dennoch bleibt ungeklärt, ob die generierte Wärme größer, gleich oder kleiner der Wärmeabstrahlung ins Weltall ist.

Neben der radiogenen Wärme kann das große Wärmereservoir im flüssigen äußeren Kern von Bedeutung sein, wenn nach den Vorstellungen von Harold C. Urey (1893-1981) die Separation von Eisen aus dem flüssigen äußeren Kern noch anhält und der innere Kern wächst (ALLWARDT 1996). Bei diesem Prozess wird nicht nur Kristallisationswärme frei, sondern auch Gravitationsenergie. J. VERHOOGEN (1980) schätzt diese Energie auf 10% des gesamten Wärmeflusses. Dieser Beitrag ist jedoch nicht so groß, daß überzeugend eine Aufheizung vertreten werden könnte, und ein stationärer Zustand widerspricht einer allgemeinen Zeitabhängigkeit aller Prozesse. Daher wird eine fortschreitende Abkühlung der Erde als wahrscheinlich angesehen.

Literatur

ALLWARDT, A.O. (1996): Heat, Internal, Twentieth Century. - in: GREGORY A. GOOD (ed.): History of the geosciences: an encyclopedia; New York (Garland, im Druck).

ANDERSON, O.L. (1982): The Earth's core and the phase diagram of iron. - Phil. Trans. R. Soc. Lond. **A306**: 21-35.

BIRCH, F., ROY, R.F. & DECKER, E.R. (1968): Heat flow and thermal history in New England and New York. - in: E-an Zen et al. (eds.): Studies of the Appalachian geology: Northern and Maritime: 437-451; New York (Wiley).

BROWN, J.M. & SHANKLAND, T.J. (1981): Thermodynamic parameters in the Earth as determined from seismic profiles. - Geophys. J. R. astr. Soc. Lond. **66**: 579-596.

BULLARD, E.C. (1939): Heat flow in South Africa. - Proc. R. astr. Soc. Lond. **A173**: 474-502.

BUNTEBARTH, G. (1996): Heat, Internal, Eighteenth and Nineteenth Centuries. - in: GREGORY A. GOOD (ed.): History of geosciences: an encyclopedia, New York (Garland, im Druck).

CHAPMAN, D. (1985): Continental heat flow data. - in: FUCHS, K. & H. SOFFEL (Hrsg.): Geophysik der festen Erde, des Mondes und der Planeten Bd. 2b: 1-19; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

GERHARD (1831): Beobachtungen über die Temperatur im Innern der Erde, angestellt auf verschiedenen Bergwerken im Preussischen Staate. - Pogg. Ann. Phys. u. Chem. **22**: 497-533.

ITO, E. & KUTSURA, T. (1989): A temperature profile of the mantle transition zone. - Geophys. Res. Lett. **16**: 425-428.

INGERSOLL, L.R. & ZOBEL, O.I. (1913): Mathematical theory of heat conduction. - Boston.

LACHENBRUCH, A.H. (1968): Preliminary geothermal model of the Sierra Nevada. - J. Geophys. Res. **73**: 6977-6989.

LEE, W.H.K. & UYEDA, S. (1965): Review of heat flow data. - in: LEE, W.H.K. (ed.): Terrestrial heat flow. - Washington (AGU), 87-190.

MUNCKE, G.W. (1827): Temperatur. - in: Gehlers physikalisches Wörterbuch, 2. Aufl. Vol. 3: 970-1068; Leipzig (E. B. Schwikert).

NAUMANN, C.F. (1849): Lehrbuch der Geognosie Bd. 1: 41-76; Leipzig (Engelmann).

POIRIER, J.-P. (1986): Dislocation-mediated melting of iron and the temperature of the Earth's core. - Geophys. J. R. astr. Soc. Lond. **85**: 315-328.

RAHEIM, A. & GREEN, D.H. (1974): Experimental determination of the temperature and pressure dependence of the Fe-Mg parti-

on coefficient for coexisting garnet and clinopyroxene. - Contrib. Mineral. Petrol. **48**: 179-203.

RIVE, A. de la (1836): in: POISSON: Von den Ursachen der Temperatur des Erdballs. - Ann. Phys. Chem. **115** (=39 Neue Folge): 66-100.

SPILOPOULOS, S. & STACEY, F.D. (1984): The Earth's thermal profile: Is there a mid-mantle thermal boundary layer? - J. Geodyn. **1**: 61-77.

THIENE, H. (1907): Temperatur und Zustand des Erdinnern. - Jena (G. Fischer).

VITTORELLO, I. & POLLACK, H.N. (1980): On the variation of continental heat flow with age and the thermal evolution of continents. - J. Geoph. Res. **85**: 983-995.

VERHOOGEN, J. (1980): Energetics of the Earth. - Washington D.C. (National Acad. of Sci.).

WILLIAMS, Q., JEANLOZ, R., BASS, J., SVENDSEN, B. & AHRENS, T.J. (1987): The melting curve of iron to 250 GPa: a constraint on the temperature at the Earth's center. - Science **236**: 181-182.

Das alte SEISMOS- und PRAKLA-Berichtsarchiv (1922 bis 1945) Was ist damit geschehen?

Hans Dostmann & Karl Hinz

Nach der Übernahme der PRAKLA-SEISMOS AG durch den SCHLUMBERGER-Konzern im Jahre 1992 ist nicht nur das Personal drastisch reduziert worden, sondern es sind auch die Bibliothek und das sehr umfangreiche Berichtsarchiv aufgelöst worden.

Die Nachkriegsberichte sind weitgehend von den ehemaligen Auftraggebern übernommen worden. Doch was ist mit den mehr als 600 Sachberichten der ehemaligen SEISMOS aus den Jahren 1922 bis 1945 und den etwa 150 Sachberichten der ehemaligen PRAKLA aus den Jahren 1937 bis 1945 geschehen? Um diese wertvollen und einmaligen Dokumentationen für die Geschichte der deutschen Explorationsgeophysik vor der drohenden Entsorgung zu bewahren, ergriffen ein paar ältere Geophysiker die Initiative. Mit fachlicher und finanzieller Unterstützung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, gelang es schließlich, die in 32 Umzugskartons ausgelagerten Vorkriegsberichte der SEISMOS und der PRAKLA zu sichten, entsprechend der Archivordnung der BGR zu erfassen und dem Archiv der BGR einzugliedern.

Anzahl und fachliche Thematik der alten Berichte

SEISMOS-Berichte: insgesamt 604, davon

- 141 Berichte - Reflexionsseismik
- 163 Berichte - Refraktionsseismik
- 242 Berichte - Gravimetrie
- 58 Berichte - Magnetik, Geoelektrik usw.

70,3 % der Berichte behandeln Inlandsprojekte, 29,7 % Auslandsprojekte.

PRAKLA-Berichte: insgesamt 148, davon

- 38 Berichte - Reflexionsseismik
- 31 Berichte - Refraktionsseismik
- 26 Berichte - Gravimetrie
- 53 Berichte - Magnetik, Geoelektrik usw.

42,6 % der Berichte behandeln Inlandsprojekte, 57,4 % Auslandsprojekte.

Zur frühen Geschichte der Firmen SEISMOS und PRAKLA

Im Dezember 1919 meldete Dr. Ludger Mintrop (1880-1956) sein "Verfahren zur Ermittlung des Aufbaus von Gebirgsschichten" zum deutschen Reichspatent an und gründete danach gemeinsam mit einigen deutschen Bergbaufirmen am 4. April 1921 die SEISMOS, Gesellschaft mit beschränkter Haftung zur Erforschung von Gebirgsschichten und nutzbaren Lagerstätten, mit Sitz in Hannover.

Nach verschiedenen Versuchsmessungen in Norddeutschland ergriff die junge Firma im Jahre 1923 die Chance, ihre revolutionäre seismische Methode in Amerika für die Exploration einzusetzen. Die sensationellen Erfolge in Oklahoma, Texas, Louisiana und Mexiko fanden weltweit Anerkennung, zum Beispiel in dem Zitat aus BARTON (1927): "*the initial impetus to the present (1927) extensive use of the seismic (or sonic) method is due very largely to L. MINTROP and his SEISMOS-Company of Hannover, Germany*".

Die erfolgreiche Auslandstätigkeit der SEISMOS wurde durch den Bankenzusammenbruch an der New Yorker Börse im Jahre 1929 jäh beendet. Die Weltwirtschaftskrise zwang die Firma zur Entlassung von vielen Mitarbeitern. Trotzdem trieb die SEISMOS in den Folgejahren die technischen und methodischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Angewandten Geophysik intensiv voran, um gegen die wachsende amerikanische Konkurrenz erfolgreich bestehen zu können. So brachte z.B. die SEISMOS im Jahre 1934 den ersten feldtüchtigen statischen Schweremesser auf den Markt, das Thyssen-Gravimeter, welches auf der Pariser Weltausstellung 1937 eine Goldmedaille erhielt (Baron Dr. Stephan von Thyssen-Bornemisza und Dr. Alfred Schleusener).

Die Entwicklung von reflexionsseismischen Meßapparaturen für die exploratorische Praxis wurde besonders von Dr. Friedrich Trappe (gestorben 1945) mit Unterstützung von Dr. Hubert Lückcrath vorangetrieben. Diese Apparaturen

kamen erstmals 1933 in der Exploration zum Einsatz und überzeugten sehr bald die deutsche Erdölindustrie, den Bergbau und die staatlichen geowissenschaftlichen Institutionen.

Im Zuge der Autarkiebestrebungen der damaligen Reichsregierung wurde 1937 unter Aufsicht der Preußischen Geologischen Landesanstalt mit der Geophysikalischen Reichsaufnahme begonnen. Bei dieser geophysikalischen Erkundung des gesamten Reichsgebietes sind die damals verfügbaren seismischen, gravimetrischen und magnetischen Explorationsmethoden mit großem Erfolg eingesetzt worden. Für diese sehr umfangreiche Aufgabe reichte die Kapazität der SEISMOS nicht aus. Deshalb ist am 23. März 1937 aus Mitteln des deutschen Reiches die Gesellschaft für praktische Lagerstättenforschung GmbH, Berlin, gegründet worden, die 1951 in PRAKLA, Gesellschaft für praktische Lagerstättenforschung, umbenannt worden ist.

Dr. Fr. Trappe, ehemals bei der SEISMOS, entwickelte zusammen mit Dr. Waldemar Zettel die reflexionsseismische Meßapparaturen weiter, die in den folgenden Jahren verstärkt für die Erdölprospektion eingesetzt worden sind (s. u.a. JAKOSKY 1940, MINTROP 1941, BIRETT et al. 1974).

Nach dem Kriege nahmen beide Firmen von Hannover aus die Prospektionstätigkeit wieder auf. Bereits im April 1946 konnte die SEISMOS einen Feldtrupp für die Deutsche Erdöl AG einsetzen, und im Frühjahr 1947 gelang es der PRAKLA mit den aus Berlin geretteten Instrumenten, reflexionsseismische Untersuchungen für die Gewerkschaft Elwerath durchzuführen. Mitte 1948, also kurz nach der Währungsreform, hatten beide Firmen bereits wieder 13 Meßtrupps (Reflexionsseismik 9, Refraktionsseismik 1, Gravimetrie 3) im Einsatz. In den 50er Jahren erfolgte ein starker Ausbau beider Firmen. 1957/58 waren insgesamt 46 Meßtrupps beider Firmen tätig. 1963 erwarb die PRAKLA GmbH unter der Leitung von Dr. Waldemar Zettel die Anteile der SEISMOS GmbH. Die jüngere Geschichte der Firma PRAKLA bis zum Verkauf ist allgemein bekannt.

Zu den alten Berichten

Es ist schon sehr beeindruckend, die alten Sachberichte mit zeichnerisch hervorragend und akkurat (alles handschriftlich) gestalteten Abbildungen einzusehen. Nachfolgend werden in den Abb. 1 bis 5 einige, recht willkürlich ausgewählte Abbildungen der alten Berichte vorgestellt.



Abb. 1: Deckblatt eines Fachberichtes für die Regierung Ägyptens (1931).

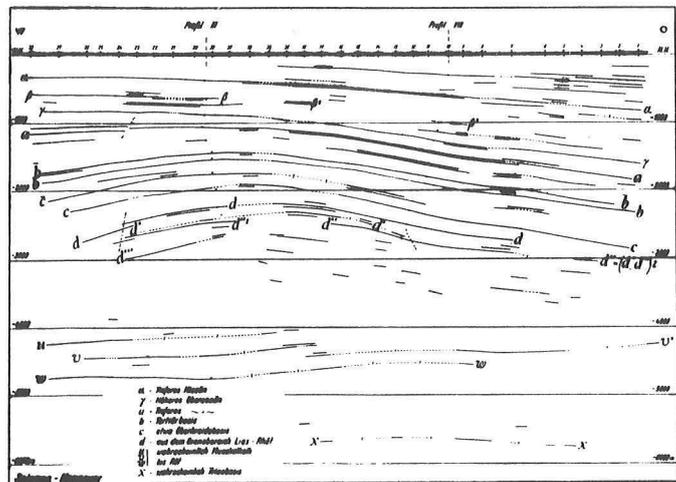
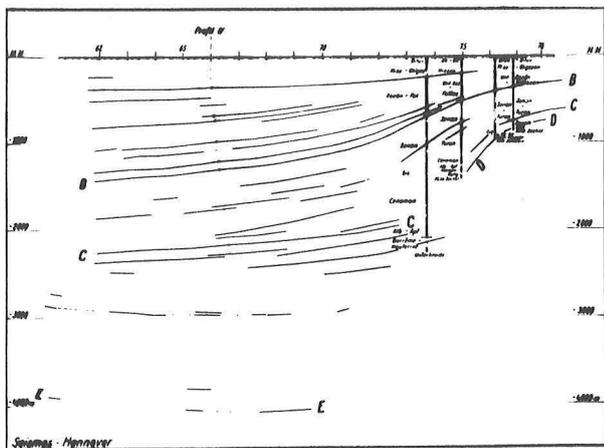


Abb. 2: Reflexionsprofile aus Holstein.



Wetzlarerburg.

Maßstab 1:2000.

Anlage 4

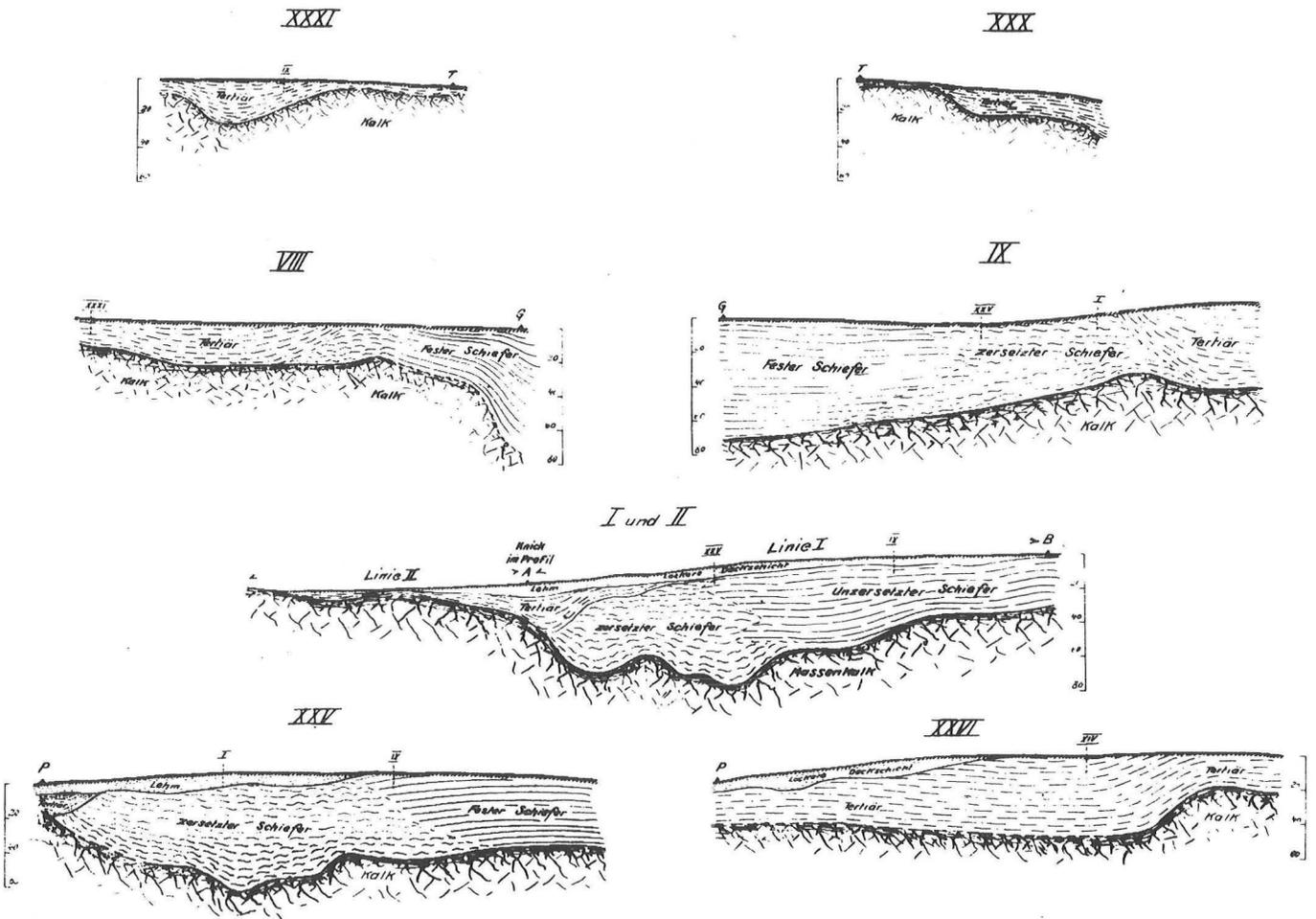


Abb. 3: Geologische Profilschnitte über die Eisenmanganerzfelder der Wetzlarer Burg.

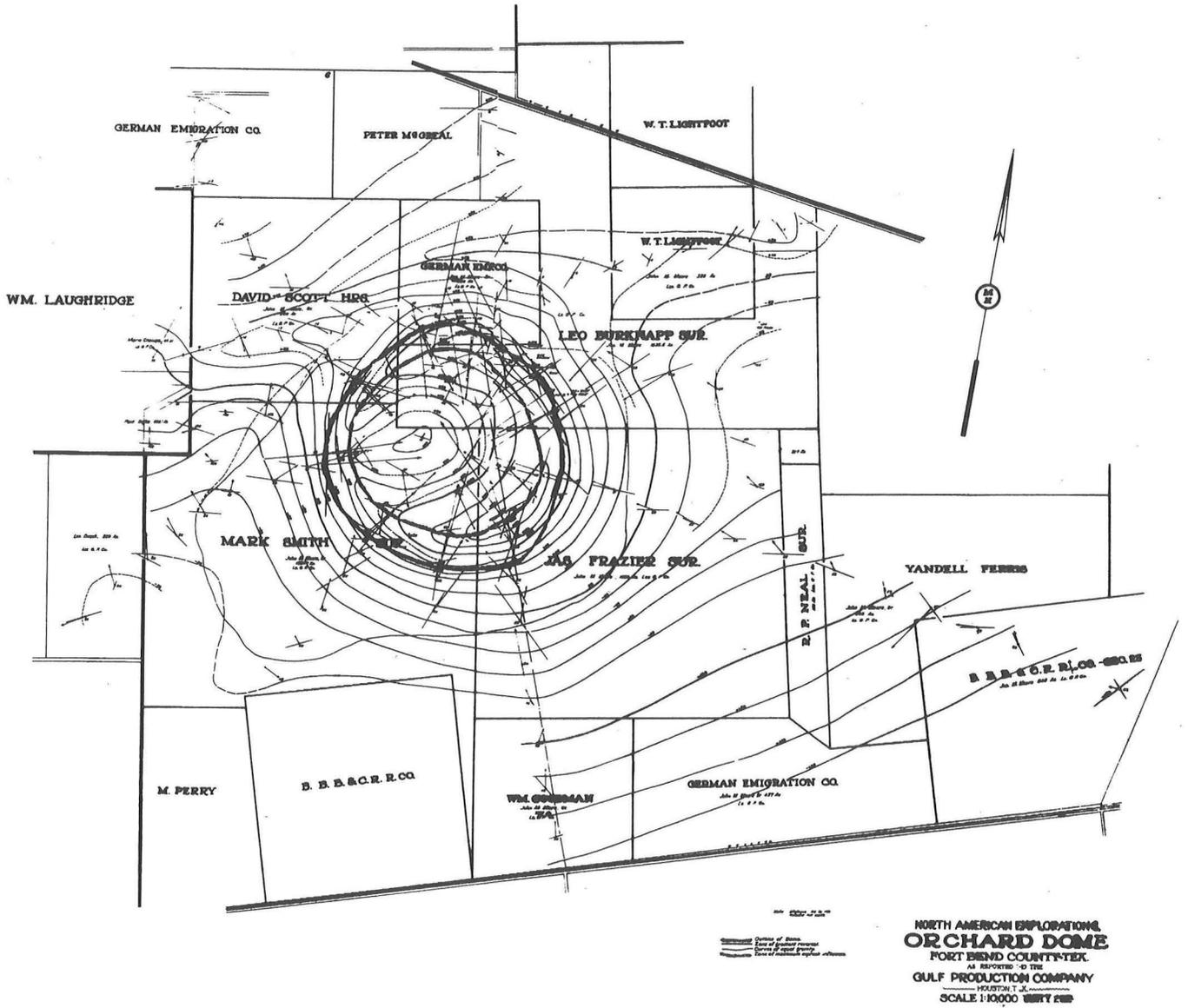


Abb. 4: Gravimetrische Karte aus dem Jahre 1925 vom Orchard Salzdom in Texas.



Abb. 5: Karte der Bouguerschwere von Zentraleuropa von A. SCHLEUSENER und H. CLOSS.

Archivierung und Zugänglichkeit der historischen SEISMOS- und PRAKLA-Berichte (1922-1945)

Die unveröffentlichten Projektberichte (1922-1945) der SEISMOS und PRAKLA sind ins BGR-Berichtsarchiv aufgenommen worden, erfaßt mit einem EDV-gestützten Katalogsystem und erschlossen nach folgenden Kriterien:

- Regional (Nr. der TK 25, Verwaltungseinheit bzw. Ländername) mit Schlagworten,
- Autoren,
- Fachbereiche (Ausgewählte Schlagworte bzw. Unterlagen ohne regionalen Bezug und gegliedert nach Schlagworten),
- Tagebuch-Nr., Forschungsprogramme, Firmenberichtsnummer,
- Archiv-Nr.

Die Berichte können im Hause der BGR eingesehen werden. Ansprechpersonen in der BGR sind Frau K. Müller und Herr E.-W. Hennig (BZ 2.2), die gerne über die Nut-

zungsmöglichkeiten der BGR-Archivbestände Auskunft erteilen.

Die Autoren danken der Amtsleitung der BGR, den Mitarbeitern des BGR-Archives (BZ 2.2), und Herrn P. Dimer (Schlumberger/Geco-Prakla) für die vielfältige Unterstützung. Herr E. Rode führte die Fotoarbeiten aus und erstellte die Abbildungen.

Literatur

BARTON, D.C. (1927): Applied Geophysical Method in America. - Economy Geology, Nov. 1927.

BIRETT, H., HELBIG, K., KERTZ, W., SCHMUCKER, U. (1974): Zur Geschichte der Geophysik. - Festschrift zur 50jährigen Wiederkehr der Gründung der DGG; Springer Verlag (Berlin Heidelberg New York).

JAKOSKY, J.J. (1940): Exploration Geophysics. - Los Angeles, USA (Trija Publishing Company).

MINTROP, L. (1941): Geophysikalische Verfahren zur Erforschung von Gebirgsschichten und Lagerstätten. - Bd. 1, Teil 1; Essen (Verlag Glückauf GmbH).

Krey - Flözwellen

Lothar Dresen

Einführung

Als Ergebnis seiner geophysikalischen Tätigkeit in der Steinkohlenexploration hat Theodor Carsten Krey schon vor mehr als dreißig Jahren die Möglichkeit erkannt, mit den im Kohlenflöz als Kanal niedriger seismischer Geschwindigkeit geführten Kanalwellen im Normal-Modenbereich, den sogenannten Flözwellen, geologische Störungen bei der untertägigen Vorfelderkundung vorauszusagen. Die von T.C. Krey begründete Flözwellenseismik wird heute weltweit als die effektivste Vorfelderkundungsmethode in Steinkohlensteben verwendet. T.C. Krey's klassische Erfindung wurde 1984 mit der Umbenennung der Rayleigh-Kanalwelle in Krey-Welle geehrt. Neben vielen weiteren Entdeckungen und Patenten gestattet es gerade auch die Entwicklung der Flözwellenseismik, den Namen Krey in einem Atemzug mit praxisbezogenen Größen wie Love, Rayleigh, Mintrop, Harry Mayne und John Crawford zu nennen.

Zu Ehren von Theodor Carsten Krey soll dieser Beitrag, ausgehend von einigen geschichtlichen Anmerkungen, das Interesse an Krey-Wellen wecken bzw. das Verständnis für diesen Wellentyp ein wenig vertiefen.

Geschichtliches

In seinem Vortrag anlässlich der Verleihung des akademischen Grades Dr. h.c. von der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum "Miterlebtes und Mitbewirktes in der seismischen Steinkohlenexploration" am 6. Juli 1988 sagte Prof. Krey (KREY 1988): *"Eine spezielle Fragestellung war schon kurz nach 1960 an uns herangetragen worden. Mit der zunehmenden Verbreitung des maschinellen Kohlenabbaus in langen Streben, z.B. mit Kohlenhobeln und Schrämmaschinen, war es immer wichtiger geworden, die Tektonik im flözführenden Karbon vor dem Abbau im einzelnen zu kennen. Aufgrund der seismischen Reflexionsmessungen, die im Siegerländer Eisenerzbergbau nach Ende des 2. Weltkrieges untertage durchgeführt wurden, fragte man mich, ob ein seismischer Untertageinsatz auch in der Kohle sinnvoll sein könnte; denn es schien ausgeschlossen zu sein, Störungen mit einem Versatz von der Größenordnung der Flözmächtigkeit (1 bis 2 m) von übertage her zu erfassen. Es war mir klar, daß normale dreidimensionale Reflexionen von Störflächen kaum zu erwarten sein würden, da an den beiden Seiten dieser Störflächen nur dort unterschiedliche physikalische Eigenschaften, wie Dichte und elastische Konstanten, zu erwarten sein würden, wo ein Flöz gegen die Störfläche grenzt; und das würde ein sehr geringer Prozentsatz der Störfläche sein. Ich erinnerte mich aber an die Möglichkeit, daß sich unter geeigneten Bedingungen durch das Flöz - oder besser gesagt, vermittelt des Flözes - geführte Wellen, die wir später kurz Flözwellen nannten, ausbilden müßten, da die Kohle zumindest im Karbon Mittel- und Westeuropas wesentlich geringere Dichte und elastische*

Konstanten aufweist als das Nebengebirge (und somit geophysikalisch wie ein Kanal niedriger seismischer Geschwindigkeiten behandelt werden konnte). Ich schlug daher vor, derartige geführte Wellen bevorzugt anzuregen. Erste Versuche im Ruhrgebiet von sehr begrenzter Zeitdauer brachten keine positiven Ergebnisse. Etwas später wurden die Versuche im Saarland auf Anregung und unter Mitwirkung des inzwischen verstorbenen Prof. Dr. Kneuper wieder aufgenommen. Hier konnten bald eindeutig Flözwellen und auch reflektierte Flözwellen erkannt werden. Darüber und über die zugehörige Theorie habe ich 1962 auf der SEG-Tagung in Calgary vorgetragen, veröffentlicht in Geophysics 1963 (KREY 1963)".

Prof. Krey erwähnt nun eine wichtige Tatsache, die Jahrzehnte später in der Flözwellenseismik zur Umbenennung der Flözwellen geführt hat: *"Erst wesentlich später wurde ich darauf hingewiesen, daß bereits in den 50er Jahren Evison (EVISON 1955) durch das Flöz geführte Wellen vom Love-Typ / SH-Typ nachgewiesen hatte. Diese Entdeckung Evisons war aber meines Wissens ohne praktische Konsequenz geblieben".*

Evison hatte eine Kanalwelle vom Love-Typ nachgewiesen, aber nie mehr in seinem Leben praktischen Gebrauch von dieser Entdeckung gemacht. Prof. Krey hingegen hat all seine praxisbezogenen Forschungsarbeiten, Entwicklungen und die damit verbundenen Patente auf Kanalwellen vom Love-Typ abgestimmt. Dem zweiten Kanalwellentyp, der Rayleigh-Welle, widmete er großes akademisches Interesse und befruchtete die Arbeiten der Rayleigh-Wellen Forscher mit seinem Ideengut, führte aber aus feldtechnischen und finanziellen Gründen die Rayleigh-Kanalwelle nicht mehr in die Vorfelderkundung untertage ein. Dennoch wurde die Kanalwelle vom Love-Typ, der er einen großen Teil seines wissenschaftlichen Lebens geschenkt hat, *Evison-Welle* genannt und die Kanalwelle vom Rayleigh-Typ als *Krey-Welle* bezeichnet: eine sehr hohe Ehre für Prof. Krey, aber ein Paradoxon zugleich.

Bildhafte Darstellung der Krey- (Rayleigh-Kanal-) Wellen

Bevor auf einige wenige spezielle Eigenschaften von Krey-Wellen eingegangen wird, sei erwähnt, daß so bekannte Erscheinungen, wie zum Beispiel Dispersion, Phasen- und Gruppengeschwindigkeiten, Q-Faktoren, Transmission und Reflexion von Flözwellen über und an Störungen, symmetrische, antisymmetrische, normale und verlustbehaftete Moden (Leaky-Moden), Amplituden-Tiefen-Verteilungen, Komponentenrotation, Polarisationsanalyse, Dispersionsanalyse, Absorptionskorrekturen, Enveloppenstapelung, Dynamic Trace Gathering, Lag-Sum Methoden, Imaging- und Tomographie-Verfahren usw. sowie die gängigen Meßtechniken als aus Literatur und Praxis her bekannt angenommen werden (z.B. ARNETZL 1978, ARNETZL & KLINGE 1982, BUCHANAN & JACKSON 1982, BUCHANAN

1983, DRESEN 1985, DRESEN & RÜTER 1994, KREY 1963). Selbst wenn diese Annahme nicht immer zutreffen sollte, bleibt dieser Beitrag allgemeinverständlich.

Dispersive Krey-Wellen entstehen, analog zu den Evison-Wellen, im Kohlenflöz durch Interferenz von Raumwellen; es interferieren P- und SV-Wellen zu der in Abb. 1 (nach ARNETZL 1978) schematisch dargestellten, ersten praxisrelevanten Normal-Mode der Krey-Welle.

Es ist allgemein bekannt, daß Prof. Krey sich immer an der Schemazeichnung aus Abb. 1 erfreut hat. Ebenso bekannt ist aber auch heute noch seine Begeisterung, wenn diese Skizze ein wenig erläutert wurde. Abb. 2 erklärt daher die Krey-Welle eingehender, und zwar anhand von Wellenfronten verschiedenartiger Interferenzsysteme.

Bei Krey-Wellen sind zwei Raumwellengeschwindigkeitsverteilungen α (P-Welle) und β (SV-Welle) im Flöz (Index c) und im Nebengestein (Index r) zu beachten:

$$\alpha_r > \alpha_c > \beta_r > \beta_c,$$

$$\alpha_r > \beta_r > \alpha_c > \beta_c.$$

Abb. 2 zeigt in ihrem linken Teil die Wellenfronten für den ersten Fall. Falls bei der ersten Raumwellen-Geschwindigkeits-Verteilung die Phasengeschwindigkeiten C_R in den Bereichen $C_R > \alpha_r$, $\alpha_r > C_R > \alpha_c$ und $\alpha_c > C_R > \beta_c$ vorliegen, so erhält man im Leaky-Moden-Bereich drei verschiedene Kombinationen der Wellenfronten (Abb. 2a bis 2c). Die Phasengeschwindigkeit an der Grenze zwischen dem Leaky- und Normal-Moden-Bereich ist $C_R = \beta_r$ (Abb. 2d). Die zugehörige Kanalwellenphase enthält die kritisch refraktierte SV-Welle. Sie zählt ebenso zum Normal-Moden Bereich wie das Wellenfrontensystem im Bereich $\beta_r > C_R > \beta_c$ (Abb. 2e). Die niedrigste Phasengeschwindigkeit der Krey-Welle stimmt demnach mit der SV-Wellengeschwindigkeit β_c in der Kohle überein. Interferenzsysteme für unterschiedliche Phasengeschwindigkeitsbereiche der zweiten Raumwellengeschwindigkeitsverteilung zeigen die Abb. 2f bis 2j. Hier existieren je zwei unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten von Wellenfronten verschiedener Raumwellen innerhalb des Leaky-Moden-Bereichs (Abb. 2f bis 2g) und innerhalb des Normal-Moden-Bereichs (Abb. 2i bis 2j). Die Phasengeschwindigkeit für die Grenze zwischen Leaky- und Normal-Moden-Bereich stimmt mit der SV-Wellengeschwindigkeit β_r im Nebengestein überein, zählt also ebenfalls zum Normal-Moden-Bereich. Die niedrigste Phasengeschwindigkeit ist wiederum identisch mit β_c in der Kohle.

Gemessen an den Erfordernissen der Praxis bei der Ortung geologischer Störungen im Kohlenflöz, die beim Durchschallungsverfahren eine Transmission von rd. 1000 Flözmächtigkeiten und beim Reflexionsverfahren einen Laufweg von ca. 200 Flözmächtigkeiten anstrebt, sind die Leaky-Moden von untergeordneter Bedeutung. Sie sind heute lediglich für die Erkundung sehr nahe am Kohlenstoß gelegener Störungen interessant. Dagegen sind die Flözwellen im Normal-Moden-Bereich ganz besonders wichtig hinsichtlich ihrer Fähigkeit, in den Kohlenkanal einzudringen, da bei den Normal-Moden keine Energie durch Refraktion von Raumwellen ins Nebengestein hinein verloren geht.

Für Krey-Wellen ist demnach ein Flöz mit der zweiten Geschwindigkeitsverteilung und drei Interferenz-Systemen im Normal-Moden-Bereich fast immer der geeignete Wellenleiter.

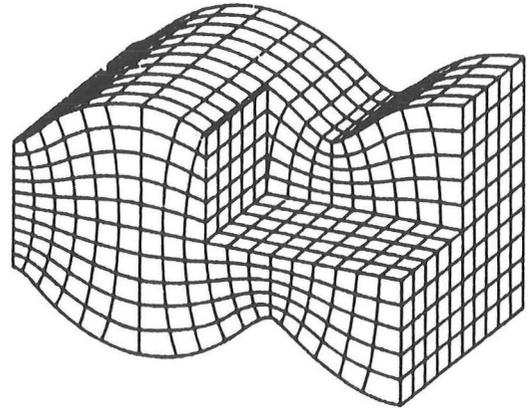


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Krey-Welle

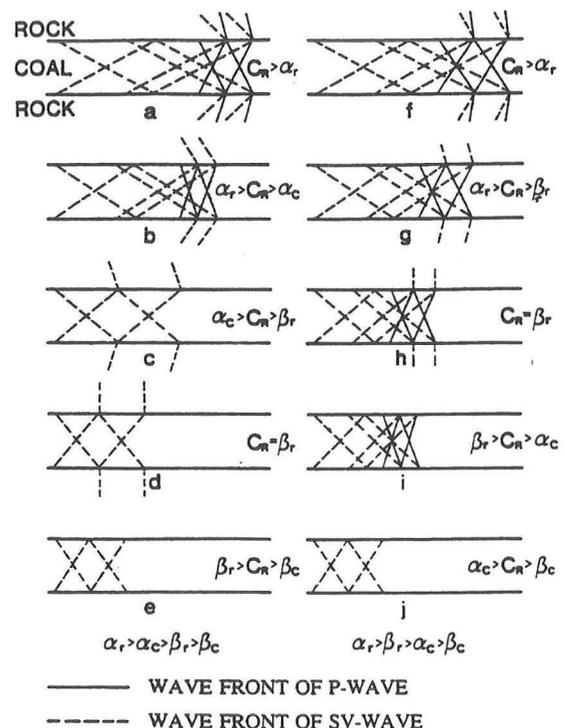


Abb. 2: Verschiedenartige Interferenzsysteme der symmetrischen Krey-Flöz-welle (2. Mode); a bis c und f bis g: (Leaky-) verlustbehaftete Moden, d bis e und h bis j: Normal-Moden; die Wellen breiten sich von links nach rechts aus.

Evison- oder Krey-Welle ?

Die Beantwortung dieser Frage ist bis heute strittig geblieben. Für die Evison-Welle als dispersive SH-Welle spricht in der Praxis, die sich naturgemäß technischen und wirtschaftlichen Zwängen ausgesetzt sieht,

a) ihr relativ einfacher physikalischer Aufbau; dadurch wird ihre Interpretation erleichtert.

b) Evison-Wellen können mit weniger Registrierkomponenten erfaßt werden als Krey-Wellen. Bei der nach wie vor begrenzten Anzahl von Meßkanälen in den schlagwettergeschützten Registrierapparaturen spricht dies immer noch für die Verwendung der Evison-Welle. Ebenfalls ist aus Kostengründen bei der Anlage von Bohrlöchern für Untertagegeophone wegen der Symmetrieeigenschaften dieser SH-Welle hauptsächlich die Registrierung der Evison-Welle erfolgt: Evison-Wellen sind in ihrer Grundmode in geologisch symmetrischen Abfolgen Nebengestein-Flöz-Nebengestein amplitudensymmetrisch zur Flözmittebene. Höher angeregte Moden werden aber üblicherweise bei Transmission über und Reflexion an Störungen im Flöz wieder zu tieferen Moden konvertieren, schließlich bis hin in die stabile symmetrische Grundmode. Die aber führt ihr Amplitudenmaximum in der Flözmitte, so daß Bohrungen für Geophone nur in der Flözmitte abgeteuft zu werden brauchen. Diese Aussage gilt häufig auch für asymmetrische Schichtabfolgen, die sich bei höheren Anregungsfrequenzen auf die geologisch symmetrischen Schichtabfolgen reduzieren lassen.

Die Krey-Welle trägt hingegen, als dispersive P/SV-Welle, mehr Information als die Evison-Welle. Diesem "physikalischen Vorteil" steht der "wirtschaftlich-technische Nachteil" entgegen, daß zu ihrer Registrierung und klaren Identifizierung wenigstens 3 Bohrlöcher erforderlich sind; eins im Hangenden, eins im Liegenden und eins in der Flözmitte. Krey-Wellen sind nämlich in ihrer Grundmode in der geologisch symmetrischen Abfolge Nebengestein-Flöz-Nebengestein antisymmetrisch.

Prof. Krey wußte schon sehr früh, daß die maximale Information über den tektonischen Inhalt eines Flözes nur durch die gleichzeitige Auswertung beider Flözwellenarten erzielt werden kann. So lautete denn seine Antwort auf die Frage "Evison- oder Krey-Welle ?": "Sowohl Evison als auch Krey-Welle!" Wenn er sich in seinem Berufsleben mit der Evison-Welle begnügen mußte, dann allein wegen finanzieller Engpässe seitens der Auftraggeber.

Einige Einsatzmöglichkeiten von Krey- und Evison-Wellen

Vorbemerkung

Es sei einmal angenommen, Prof. Krey hätte sich nicht den gegebenen technisch-wirtschaftlichen Zwängen beugen müssen. Es sei ferner vorausgesetzt, er hätte Evison- und Krey-Wellen *pari passu* einsetzen können. Dann hätte er eine Vielzahl von Orten zur Anregung und Registrierung von Flözwellen in der Kohle und im Nebengestein gewählt und mannigfaltige Bearbeitungsmethoden sowie Interpretationsverfahren anwenden können. Aus diesem Spektrum der Möglichkeiten seien drei Untersuchungsbeispiele aus-

gewählt. Als Untertagefälle, die auf modellseismischen Untersuchungen basieren (darum sind die Laufzeiten in μs angegeben), werden die in Abb. 3 dargestellte symmetrische Schichtabfolge Nebengestein-Flöz-Nebengestein behandelt, ferner eine Schichtabfolge mit Bergepacken und schließlich der Fall einer mylonitisierten Zone, die Methangas enthalten kann.

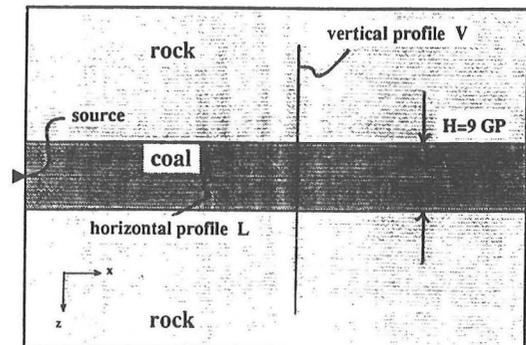


Abb. 3: Schematische Darstellung der symmetrischen Abfolge Nebengestein (rock) - Flöz (coal) - Nebengestein (rock).

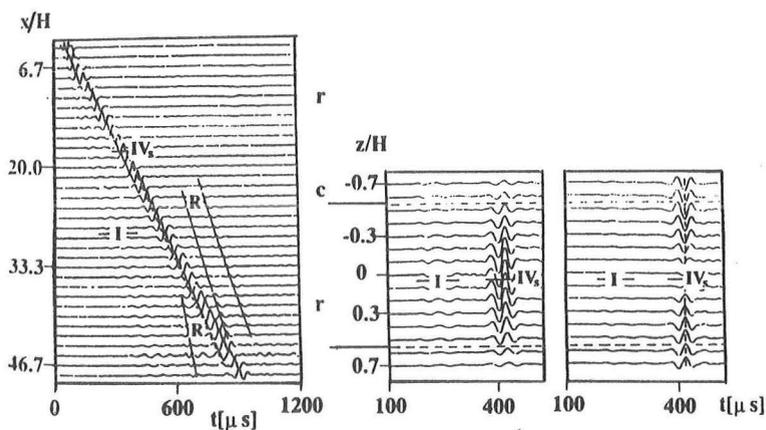
Symmetrische Schichtabfolge

Abb. 4a zeigt die Registrierung der x-Komponente der Krey-Welle entlang des Flözmittebenenprofils L. Untertage erhält man nur die Spur bei $x/H = 47,9$. In dieser Seismogramm-Sektion sind von den bekannten Wellengruppen I bis V der Krey-Wellen die Gruppen I und IV_s zu erkennen: I mit sehr geringen, IV_s mit großen Amplituden. Wellengruppe I zählt zu den Leaky-Moden, die sich wegen ihrer schnell abnehmenden Amplituden zur Vorfelderkundung in größeren Entfernungen nicht eignen. IV_s zählt zur symmetrischen (tiefgestellter Index s; wird später fortgelassen) Grundmode der Krey-Welle. Ihre Phasengeschwindigkeit C_R ist nur wenig größer als β_c in der Kohle. R ist ein Einsatz vom Modellrand, der in der Natur nicht auftritt.

Die absoluten Geschwindigkeiten, Modellmaterialien und Modellparameter werden an dieser Stelle und in den weiteren Kapiteln nur dann angegeben, wenn sie zum Verständnis für die getroffenen Schlußfolgerungen benötigt werden; sie sind aber vollständig bei DRESEN et al. (1985) zu finden.

Die Abb. 4b und 4c geben die Seismogramm-Sektionen für die x- und z-Komponenten der Krey-Welle entlang der Vertikalprofile L wieder. Diese Art der Registrierung kann untertage auch am Stoß vorgenommen werden. Die Wellengruppen IV_s lassen die physikalisch charakteristische Amplituden-Tiefen-Verteilung der symmetrischen Grundmode der Krey-Welle erkennen, wodurch diese Wellenart sofort und zweifelsfrei in-situ identifiziert werden kann.

Prof. Krey hat diese und weitere Untersuchungen an symmetrischen Abfolgen sinngemäß so kommentiert: "Bei Evison-Wellen macht man normalerweise nur von den zur Airy-Phase gehörenden Einsätzen Gebrauch. Hierdurch ist



(a) (b) (c)

Abb. 4: Seismogramm-Sektionen von Krey-Wellen, die sich in einer symmetrischen Schichtabfolge ausbreiten. a) x-Komponente, registriert entlang eines horizontalen Profils L in Flözmitte. b) x-Komponente, registriert entlang eines vertikalen Profils V. c) z-Komponente, registriert entlang eines vertikalen Profils V (vgl. Abb. 3). Die gestrichelten Linien markieren das Flöz. x- und z-Abmessungen sind mit der Flözmächtigkeit H normiert worden. α_r / α_c und β_r / β_c betragen rd. 2.

ihre Interpretation relativ einfach. Die Krey-Welle (Prof. Krey nannte sie mit der ihm eigenen Bescheidenheit immer noch Rayleigh-Welle, der Autor) hingegen liefert neben der Airy-Phasen-Wellengruppe noch weitere Wellengruppen; dies erschwert ihre Interpretation, erlaubt aber die Extraktion weiterreichender Informationen. Das Maximum an Informationen bietet eine Dreikomponentenregistrierung entlang eines Profils am Stoß, das vom Hangenden im Nebengestein über das Flöz bis hinunter zum liegenden Nebengestein reicht. Falls das nicht ermöglicht werden kann, so erhält man ein Optimum an Information dann, wenn für Evison- und Krey-Wellen nur die ersten symmetrischen Moden angeregt und mit einer Dreikomponenten-Sonde in Flözmitte registriert werden. Wünschenswert wäre es, eine solche frequenzmanipulierbare Quelle zur Verfügung zu haben, die gezielt Evison-Wellen in der Airy-Phase und Krey-Wellen in der jeweils geeigneten Wellengruppe generieren könnte. Eine derartige Generierung und Registrierung von Kanalwellen könnte, sowohl im Durchschallungs- als auch im Reflexionsverfahren untertage, die höchstmögliche Informationsdichte über den tektonischen Gehalt eines Kohlenflöztes erbringen."

Schichtabfolgen mit Bergepacken

In Abb. 5 ist die schematische Darstellung eines Flözmodelles mit Bergepacken angegeben. Wir betrachten den Fall

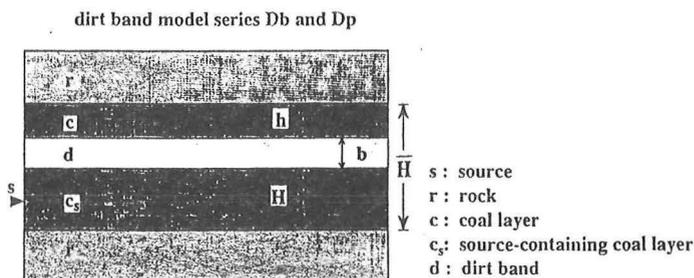


Abb. 5: Flözmodell mit Bergepacken. S: Quelle; r: Nebengestein; c: Kohlenflöz; cs: Wellenquelle enthaltendes Kohlenflöz; d: Bergepacken. DB1: $b/\bar{H} = 0,14$; DB2: $b/\bar{H} = 0,27$; $b/H=1$.

zweier unterschiedlicher Bergepackenmächtigkeiten. Die Packen liegen innerhalb der Flöze. In beiden Modellen beträgt der Bergepacken 20% der Gesamtmächtigkeit des Flöztes. Im Modell DB1 teilt der Bergepacken das Flöz in zwei gleiche Hälften; bei DB2 liegt eine Unsymmetrie vor, wie in Tab. 1 angegeben.

Tab. 1: Modellparameter der Bergepackenmodelle DB1 und DB2.

	Modell DB1	Modell DB2
Schichtfolge	Nebengestein - Kohle - Bergepacken	Nebengestein - Kohle - Bergepacken
Mächtigkeit der Kohleschichten	H = 12 mm	H = 18 mm
Mächtigkeit des Bergepackens	h = 12 mm	h = 6 mm
vorherrschende Frequenz des Quellsignals	b = 6 mm	b = 6 mm
	f = 50 kHz	f = 50 kHz

Eine Quelle mit einer vorherrschenden Frequenz von 50 kHz erzeugt Krey-Wellen in dem für die Praxis relevanten Frequenz (f)·Mächtigkeit(H)-Bereich von $300 \text{ Hz m} \leq fH \leq 900 \text{ Hz m}$. Es soll nun gezeigt werden, wie und wo sich in diesem Schichtungstyp Krey-Wellen ausbreiten können. Dabei beschreibt das Wort "Wellenleiter" den Teil des Gesamtflöztes, in dem der größte Teil der Energie der Krey-Welle geführt wird. Das Seismogramm aus Abb. 6 wurde im quellenthaltenden Flözteil des symmetrischen Modells DB1 entlang der Flözmitte aufgenommen.

Die Wellengruppen I und IV mit starken Amplituden und eine Wellengruppe V mit schwachen Amplituden wurden angeregt. R kennzeichnet wiederum einen modellbedingten Einsatz, der in der Natur nicht vorkommen kann. Die Gruppen IV und V zählen zum Normal-Moden-Bereich. Wellengruppe I ist eine Leaky-Mode, deren Amplitude im Bergepackenmodell durch Reflexionen am und im Bergepacken nicht mehr vernachlässigbar gering ist, so daß sie zur Flöz erkundung ebenfalls mit herangezogen werden kann.

Der Einfluß der Schichtengeometrie der Bergepackenmodelle wird aus den Dispersionskurven der Phasen- und Gruppengeschwindigkeiten C_R und U_R in der Abb. 7 sehr deutlich. Die Kurven in dieser Abbildung wurden für die erste Normal-Mode berechnet. Die ausgezogenen Kurven wurden für das Modell DB1 berechnet, die gestrichelten Linien beziehen sich auf ein Flöz, das die Mächtigkeit $H' = H + h + b = \bar{H}$ besitzt, und die gepunkteten Linien kennzeichnen Dispersionskurven mit einem Kohlenflöz der Mächtigkeit $H' = H = h \neq \bar{H}$. Da die Mächtigkeiten für die Dispersionskurven konstant gehalten wurden, ist auf der Abszisse der Abb. 7 anstelle von $f \cdot H$ lediglich die Frequenz f aufgetragen worden. Die Kreuze stellen die Ergebnisse der Phasengeschwindigkeitsanalyse der Wellengruppe V dar.

Unterhalb von 35 kHz, also im tieffrequenten Bereich, sind die ausgezogenen und die gestrichelten Kurven der Gruppengeschwindigkeiten, die Auskunft über den Energie-transport geben, identisch. Zwischen 35 und 80 kHz ist ihr Verlauf qualitativ ähnlich, mit einer Airy-Phase bei rund 40 kHz. Durch diese Verläufe wird demonstriert, daß die Dispersion des tieffrequenten Anteils der Krey-Welle hauptsächlich von der Mächtigkeit des Gesamtflözes abhängig ist.

Im hochfrequenten Teil der Gruppengeschwindigkeitsdispersionskurven weisen die ausgezogenen Kurven für das Modell DB1 und die gepunkteten für die Abfolge mit der Flözmächtigkeit $H' = H = h$ einen qualitativ ähnlichen Zug auf. Oberhalb von 120 kHz sind sie nahezu identisch. Dies bedeutet, daß die Dispersion des hochfrequenten Anteils der Krey-Welle hauptsächlich von der Mächtigkeit der einzelnen Kohlen-schicht abhängig ist. Diese Schlußfolgerungen gelten in ähnlicher Weise für die Phasengeschwindigkeitsdispersionskurven.

Die ausgewerteten Phasengeschwindigkeiten der Wellengruppe V (Kreuze in Abb. 7) liegen auf der theoretischen Dispersionskurve in dem Frequenzbereich, in dem in den Gruppengeschwindigkeiten für das Modell DB1 und für die Abfolge Nebengestein-Kohle-Nebengestein ($H' = h + b$) die erste Airy-Phase auftritt. Das bedeutet, daß für die Gruppe V das Gesamtflöz als effektiver Wellenleiter anzusehen ist.

Die Amplituden-Tiefen-Verteilungen, die den Seismogrammen der Abb. 8 zu entnehmen sind, verdeutlichen das Konzept des "effektiven Wellenleiters" in sehr anschaulicher Weise. Die Wellengruppen IV und V werden in unterschiedlichen Schichten geführt. IV breitet sich in beiden Kohlenflözen mit hoher Amplitude aus. Die Energie dieser Krey-Wellengruppe ist demnach nicht auf das quellenthaltende Flöz beschränkt.

Die Amplitudenmaxima der Teilchenbewegung in der x-Komponente treten in beiden Flözen auf. Die Amplituden der x-Komponente nehmen in Richtung auf die Grenzschichten Kohle-Nebengestein und Kohle-Bergepacken ab. Die Amplituden der z-Komponente von IV zeigen hingegen hohe Amplituden an den Grenzen Kohle-Nebengestein und nehmen zur Mitte der Kohlenflöze ab. Diese Amplituden-Tiefen-Verteilung ist charakteristisch für die erste symmetrische Mode (d.h. die zweite allgemeine Mode) der

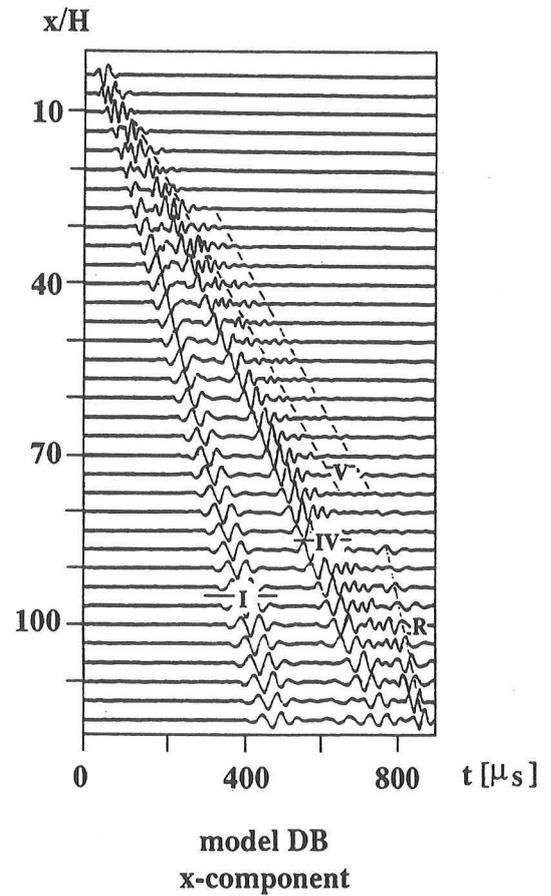


Abb. 6: Seismogramme der x-Komponenten, registriert entlang der Flözmittenebene im quellenthaltenden Teil des Modells DB1.

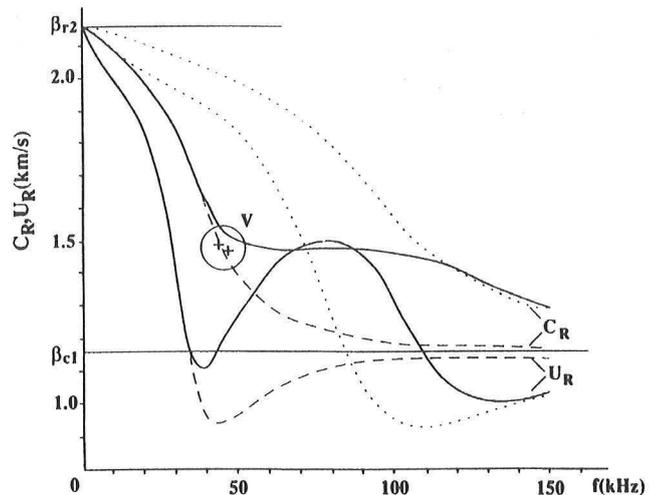


Abb. 7: Vergleich von Dispersionskurven, berechnet für die erste Normal-Mode des Modells DB1 (ausgezogene Linie) und Phasengeschwindigkeiten (Kreuze) der Wellengruppe V. Die gestrichelten Dispersionskurven gelten für die Abfolge Nebengestein-Kohle-Nebengestein mit der Flözmächtigkeit $H' = H + h + b$, die gepunkteten für dieselbe Abfolge mit der Flözmächtigkeit $H' = H = h$. Weitere Erläuterungen befinden sich im Text.

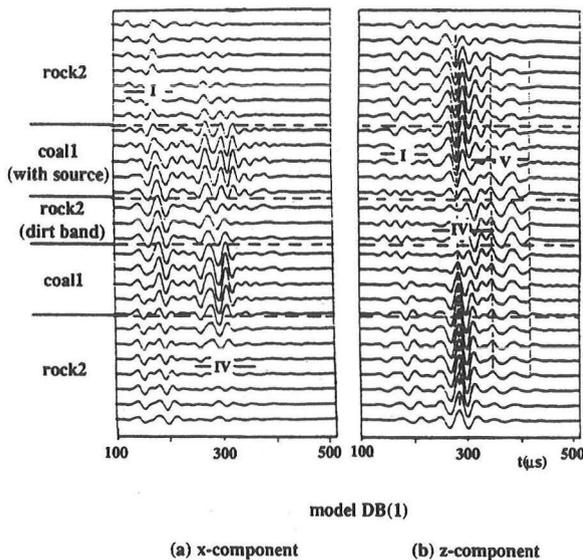


Abb. 8: Seismogramm-Sektion, aufgenommen entlang eines vertikalen Profils über das Modell DB1. Die Entfernung von der Wellenquelle zum Profil beträgt $x/H = 33,3$. a) x-Komponente; b) z-Komponente.

Krey-Welle, wie sie sich in einem Modell mit nur einem Flöz (vgl. Abb. 3) ausbildet.

Die in der z-Komponente nachgewiesene Wellengruppe V besitzt ihr Amplitudenmaximum nahe dem Zentrum des Gesamtflozes, hier also in der Mitte des Bergepackens. Die Amplituden-Tiefen-Verteilung von V ist die der ersten antisymmetrischen Mode (d.h. die erste allgemeine Mode) der Krey-Welle für das Gesamtfloz mit der Mächtigkeit $H' = H + h + b$. Wellengruppe I repräsentiert erneut eine Leaky-Mode.

Werden die Amplituden-Tiefen-Verteilungen A_x und A_z aus den x- und z-Komponenten von Messungen, wie denen in der Abb. 8, für zwei Phasen der Wellengruppe IV mit den Phasengeschwindigkeiten 2,1 km/s und 1,95 km/s extrahiert, so ergeben sich die in Abb. 9a dargestellten

Graphen. Ihnen sind theoretische Verteilungen in Abb. 9b gegenübergestellt. Die Übereinstimmung zwischen Experiment und Theorie ist zufriedenstellend.

Abb. 10 zeigt nun für den unsymmetrischen Modelltyp DB2 eine Seismogramm-Sektion, aufgenommen wie die der Abb. 8 (vgl. ebenso Tab. 1). Nun weist Wellengruppe IV lediglich im quellenthaltenden Kohlenflöz hohe Amplituden auf, d.h. sie kann sich nur in diesem Teil der Schichtung ausbreiten.

Faßt man mehr als die hier gezeigten Ergebnisse von Messungen an Bergepackenmodellen des DB-Typs zusammen, so lassen sich die Resultate in einfacher Weise (Abb. 11) darstellen. Auf der Ordinate ist das Verhältnis A^s/A aufgetragen. A^s bedeutet die maximale Amplitude der Gruppe IV im quellenthaltenden Kohlenflöz, A die maximale Amplitude der Wellengruppe IV im quellfreien Kohlenflöz. Auf der Abszisse ist der Quotient H/h aufgetragen, wobei $h \leq H$ vorausgesetzt worden ist. Abb. 11 zeigt, daß die Amplituden der Wellengruppe IV in jedem Kohlenflöz denselben Wert annehmen, falls der Bergepacken in der Mitte des Gesamtflozes ($H/h = 1$; $A^s/A = 1$) liegt. Steigt H/h an - der Bergepacken rückt immer näher an das Liegende - so nimmt auch das Verhältnis H/h zu; folglich erhöht sich die Amplitude im quellenthaltenden Flözteil ebenfalls.

Dieses Ergebnis gilt ferner für alle Wellengruppen, die sich bei einer aus zwei Kohlschichten und einem Bergepacken bestehenden Schichtung (DB-Typ) fast ausschließlich in einem Flözteil ausbreiten.

Dagegen wird die Ausbreitung von solchen Wellengruppen, die sich von vorneherein im Gesamtfloz ausbreiten, so z.B. Wellengruppe V, weder durch die Dicke noch durch die Lage des Bergepackens beeinflusst.

Diese und weitere Ergebnisse sind häufig und ausdauernd mit Prof. Krey diskutiert worden. Er war der Meinung, *man müsse bei bekanntem geometrischen Aufbau des Flozes* - diese Voraussetzung ist durch Aufschlüsse, Auffahrungen und 'Erfahrungen' häufig erfüllt - *vor Beginn der Messungen Dispersionskurven und Amplituden-Tiefen-Vertei-*

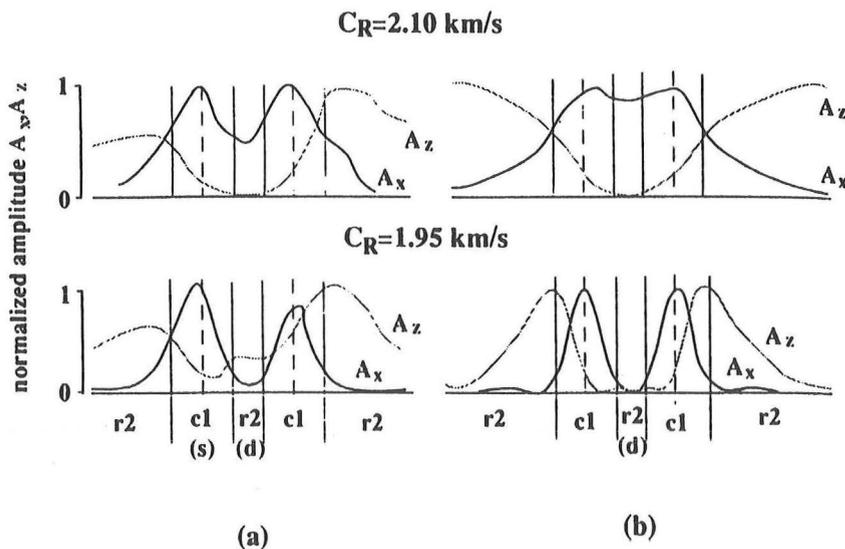


Abb. 9: a) Amplituden-Tiefen-Verteilung für zwei Phasen mit $C_R = 2,1$ km/s und $C_R = 1,95$ km/s der gemessenen Wellengruppe IV und b) zwei berechneten Phasen der Gruppe IV mit denselben Geschwindigkeiten. A_x : Amplitude der x-Komponente; A_z : Amplitude der z-Komponente.

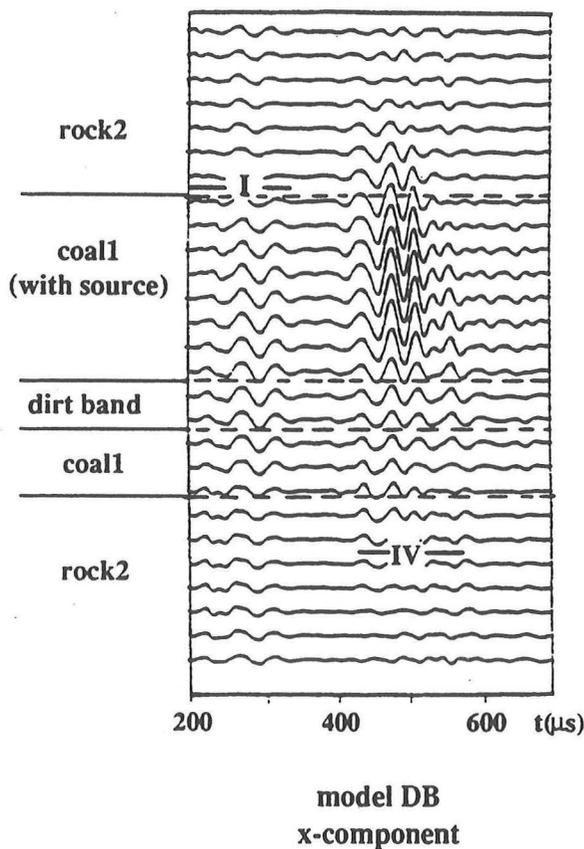


Abb. 10: Seismogramm-Sektion, registriert entlang eines vertikalen Profils im Abstand $x/H = 66,7$ von der Wellenquelle. x-Komponente.

lungen theoretisch bestimmen; und dies mit besonderer Sorgfalt bei Lagerungen mit Bergepacken. Er verspricht sich davon eine verbesserte Identifizierung der gemessenen Kanalwellen und Kanalwellengruppen. Ebenso war er fest davon überzeugt, für die Wellenquellen und Geophone die optimalen Positionen in den Schichtabfolgen bestimmen zu können und, ggfs. durch Frequenzmanipulation an der Wellenquelle und durch geeignete Wahl der Geophon-Übertragungs-Funktionen, den Wellentyp erzeugen und messen zu können, der zur Erkundung eines spezifischen Vorfeldes gerade "der und nur der passende" ist. Sein besonderes Interesse hatte er auf die Wellengruppe I gerichtet, die ihm, trotz ihrer Leaky-Moden-Angehörigkeit, mit ihren relativ großen Amplituden wenigstens stoßnah zur Vorfelderkundung sehr geeignet erschien.

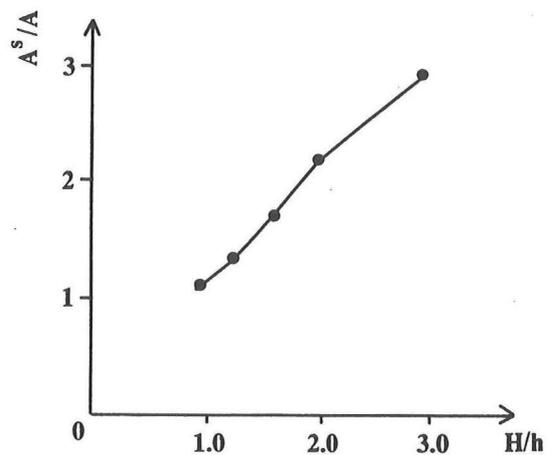


Abb. 11: Der Einfluß der Bergepackenposition innerhalb des Gesamtflözes ($H + b + h$) auf die Maximalamplitude der Wellengruppe IV. A^s : maximale Amplitude im quellhaltenden Flöz; A : maximale Amplitude im quellfreien Flöz. H/h : Verhältnis der Mächtigkeiten der Kohlenflöze bei $h \leq H$.

Mylonitisierte Zonen

Kohlenflöze werden gelegentlich durch mylonitisierte Zonen gestört. Diese Zonen sind gebräch, stehen unter hohem Druck und können Gas binden. Normalerweise sind sie auch Zonen geringer seismischer Geschwindigkeit und Regionen mit Dichten, die kleiner als die der Kohle sind. Mylonitisierte Zonen hemmen den wirtschaftlichen Kohlenabbau und bedeuten eine stete Gefahr hinsichtlich katastrophaler Explosionen. Die Erkundung solcher Zonen ist demnach besonders wichtig für Mensch und Kohlengrube.

Die Modelle der mylonitisierten Zone werden mit der Tab. 2 und der Abb. 12 beschrieben. Da Prof. Krey bei seinen Untertagearbeiten stets Evison-Wellen einsetzte, sei unser letztes Beispiel anhand von Evison-Wellen und in-situ-Werten vorgeführt.

Tab. 2: Parameter für das Nebengestein, die Kohle und die mylonitisierte Zone.

	β (m/s)	ρ (g/cm ³)
Nebengestein	2500	2,6
Kohle	1250	1,3
mylonitis. Zone	998	0,98

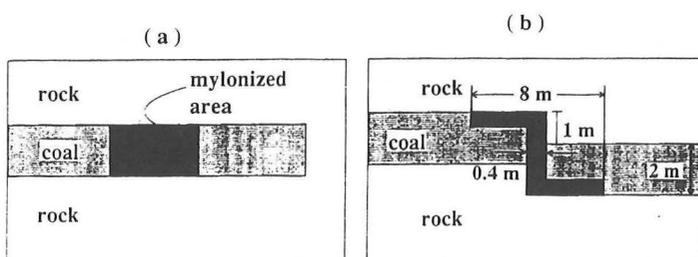


Abb. 12: Modelle mylonitisierter Kohlenflöze. a) Mylonitisierte Zone und b) S-förmige Struktur in einem Flöz. Die Flözmächtigkeit beträgt 2 m. Die laterale Ausdehnung der Zone wird von 0,47 m ($0,27 \lambda$; λ bezieht sich auf die Airy-Phase der Evison-Welle) bis 8 m ($4,1 \lambda$) vergrößert.

Die zwei Seismogramm-Sektionen der Evison-Welle (SH-Komponente) in Abb. 13, jeweils entlang der Flözmitte des Zonen-Modells aus Abb. 12a berechnet, gelten für laterale Ausdehnungen von 8 m und 2,4 m. Für eine Störungsweite von 8 m erkennt man in Abb. 13a zwei Reflexionen, eine von der Vorderseite und eine von der Rückseite der mylonitisierten Zone. Wird der laterale Abstand der Vorder- und Rückseite bis auf 2,4 m verkürzt, so verschmelzen die Reflexionssignale zu einem in der Abb. 13b nicht mehr trennbaren Interferenzsignal. Für weitere Seismogramme von mylonitisierten Zonen mit Weiten bis hinunter zu 0,47 m gilt die gleiche Aussage.

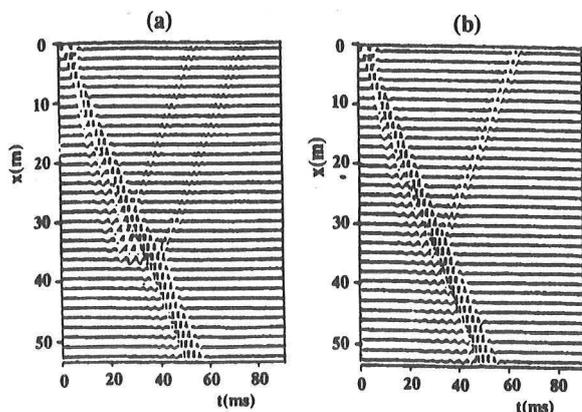


Abb. 13: Synthetische Seismogramm-Sektionen von Evison-Wellen in Modellen mit mylonitisierten Zonen von a) 8 m und b) 2,4m.

Ein Verfahren zur exakten zeitlichen Trennung der Reflexionen, auch oberhalb von 2,4 m, ist durch die modifizierte 'Moving-Window-Analyse' gegeben (GELDMACHER et al. 1990). Abb. 14 zeigt zur Demonstration dieses Verfahrens Gruppenlangsamkeits-Analysen von reflektierten Evison-Wellen bei lateralen Zonenbreiten von 8 m und 2,4 m, gemeinsam mit den passenden theoretischen Dispersionskurven (ausgezogene Linien). Die Zonenweite M kann bestimmt werden nach $2M = \Delta t(f)v(f)$, $\Delta t = \Delta s(f)x$, mit Δt : Zweiwegelaufzeit, abgeleitet aus den Seismogrammen, $v(f)$: Gruppengeschwindigkeit in der mylonitisierten Zone, $\Delta s(f)$: vertikaler Abstand zwischen zwei Gruppenlangsamkeitskurven (vgl. Abb. 14), f : Frequenz, x : Laufweg der ersten Reflexion.

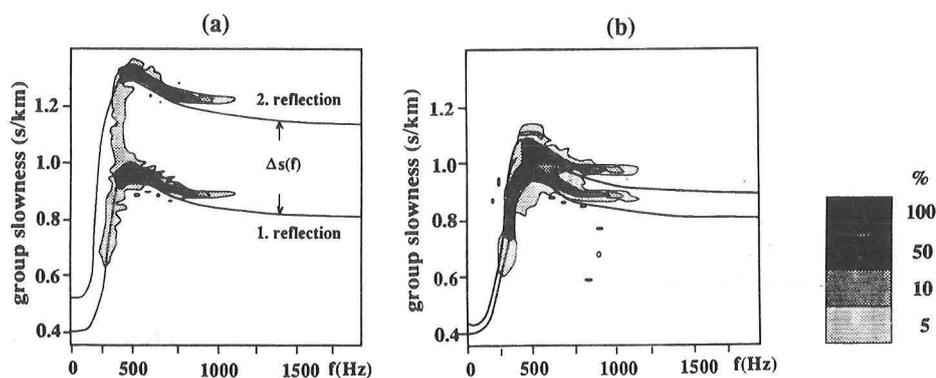


Abb. 14: Modifizierte 'Moving-Window-Analyse' für eine Quellentfernung von 4 m bei Weiten der mylonitisierten Zone von a) 8 m und b) 2,4 m. Die ausgezogenen Linien repräsentieren die entsprechenden theoretischen Dispersionskurven.

In den obigen Beziehungen wurde die Gruppengeschwindigkeit in der mylonitisierten Zone als bekannt vorausgesetzt. Unter dieser Annahme können die Interferenzsignale ab einer Zonenbreite von 0,8 m aufgelöst werden.

Im Falle noch schmalere mylonitisierter Zonen oder sehr dünner Strukturen (vgl. Abb. 12) versagt die bisher vorgestellte Seismogrammanalyse beim Versuch, den zeitlichen Abstand der das Interferenzsignal bildenden Einzelreflexionen zu bestimmen.

Insbesondere kann auch nicht festgestellt werden, ob die Reflexionen von der Verwerfung in Abb. 12b ausgehen oder von der mit der Verwerfung verbundenen S-förmigen Struktur.

Wendet man das bei DRESEN & RÜTER (1994) beschriebene Verfahren der Bestimmung von Reflektivität und Transmissivität an, so können zumindest qualitative Kriterien gefunden werden, um z.B. eine schmale mylonitisierte Zone mit Verwerfung (bzw. eine reine Verwerfung) von einer S-förmigen mylonitisierten Struktur zu unterscheiden (vgl. Abb. 12b).

Abb. 15 gibt für die Störung mit den Abmessungen nach Abb. 12b eine synthetische Seismogramm-Sektion wieder. Dabei wurden folgende Qualitätsfaktoren Q für die mylonitisierte Kohle (Index mc), die ungestörte Kohle (Index c) und das Nebengestein (Index r) verwendet: $Q_{mc} = 30$; $Q_c = 50$; $Q_r = 300$.

Aus den Seismogrammen der Abb. 15 kann in keiner Weise geschlossen werden, ob die Reflexionen von einer reinen Verwerfung oder von einer Verwerfung mit einer S-förmigen mylonitisierten Struktur herrühren.

Abhilfe schafft hier die Reflektivitäts- und Transmissivitätsanalyse, deren Ergebnisse in Abb. 16a und 16b dargestellt worden sind. Ebenfalls sind dort Referenzkurven (gestrichelte Linien) eingezeichnet, die für ein reines Verwerfungsmodell ohne mylonitisierte Zone (vgl. Abmessungen in Abb. 12b) gelten.

Sehr deutlich treten die Hochpaßfilterwirkung bei der Reflektivität und die Tiefpaßfilterwirkung bei der Transmissivität hervor.

Die Reflektivität für das Modell mit der S-förmigen mylonitisierten Struktur unterscheidet sich oberhalb von 350 Hz signifikant von derjenigen des Referenzmodells, das keine ausgeprägte Hochpaßfilterwirkung zeigt. So können

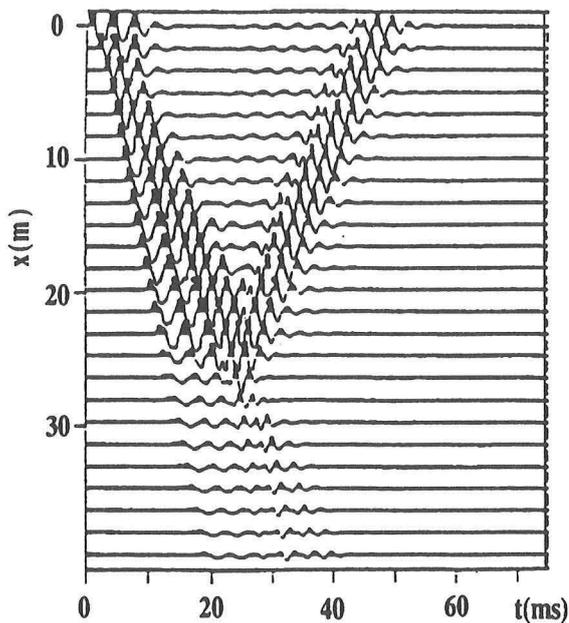


Abb. 15: Synthetische Seismogramm-Sektion für das Flözmodell mit S-förmiger und mylonitisierter Störung nach Abb. 12b.

die Form und die Werte der Reflektivitätskurve mindestens als qualitative Kriterien betrachtet werden, um zwischen einer reinen Verwerfung und einer Verwerfung mit der üblichen S-förmigen mylonitisierten Struktur zu unterscheiden.

Die Transmissivitäten für die besprochenen Modelle sind unterhalb von 250 Hz identisch. Oberhalb von 250 Hz fallen die Transmissivitäten für die S-förmige mylonitisierte Struktur im Vergleich zum Referenzmodell stark ab. Form und Werte der Transmissivitätskurve sind, wie bei der Reflektivität, ebenfalls ein qualitatives Kriterium um festzustellen, ob eine Verwerfung zusätzlich durch eine mylonitisierte S-förmige Struktur gestört ist oder nicht.

Die gerade im Auszug vorgestellten Untersuchungen gehörten zu den letzten Forschungsarbeiten, die an deutschen Hochschulen auf dem Gebiet der Flözwellenseismik unternommen worden sind. Die permanente Krise im Bergbau, der sich eine Krise bei der finanziellen Förderung von geophysikalischen Arbeiten zur Kohlenexploration anschloß, stimmte nicht nur die Flözwellenforscher an den Universitäten, sondern ganz besonders auch Prof. Krey sehr nachdenklich.

Bei letzten Diskussionen mit Prof. Krey stellte er nochmals heraus, daß gerade die Auflösung von mylonitisierten Zonen durch Spektral- und Dispersionsanalysen nun wesentlich verbessert werden kann. Bemerkenswert fand Prof. Krey, daß die hier geschilderten Untersuchungen an Evison-Wellen, wie auch weitere an Krey-Wellen (GELDMACHER et al. 1990), die laterale Weite einer mylonitisierten Zone bis hinunter zu $M = 0,8$ m aufzulösen vermögen. Auch die qualitativen Unterscheidungsmerkmale reiner Verwerfungen im Flöz von Verwerfungen mit einer myloni-

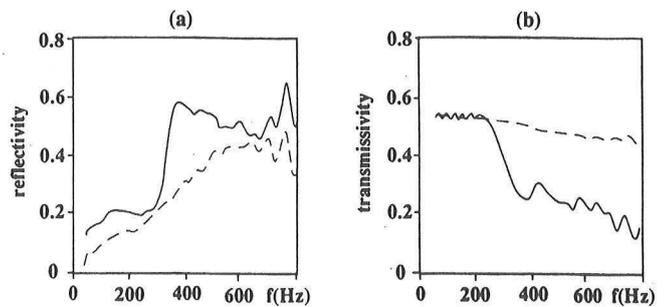


Abb. 16: a) Reflektivität und b) Transmissivität für das Modell aus Abb. 12b mit einer S-förmigen mylonitisierten Zone (ausgezogene Linien) im Vergleich mit Referenzkurven von einem reinen Verwerfungsmodell ohne mylonitisierte Zone (gestrichelte Linien).

tisierten S-förmigen Struktur durch Reflektivitäts- und Transmissivitätskurven schienen ihm wert, in die Auswertungsverfahren der Flözwellenseismik aufgenommen zu werden.

Literatur

- ARNETZL, H. (1978): Grundsätzliches über seismische Untertagemessungen mit Flözwellen im Steinkohlenbergbau. - Hannover (Prakla-Seismos AG, Firmenbroschüre).
- ARNETZL, H. & KLINGE, U. (1982): Erfahrungen mit der Flözwellenseismik in der Vorfelderkundung. - Glückauf **118**: 658-664.
- BUCHANAN, D.J. & JACKSON, P.J. (1982): In-seam seismics for fault detection. - Glückauf-Forschungshefte **43**: 90-93.
- BUCHANAN, D.J. (1983): In-seam seismology: A method for detecting faults in coal seams. - in: A.A. Fitch (Ed.): Developments in Geophysical Exploration Methods, Vol. 5: 144-147; London (Applied Science Publishers).
- DRESEN, L. (1985): Flözwellenseismik für die untertägige Steinkohlenerkundung. in: F. Bender (Hrsg.): Methoden der Angewandten Geophysik und mathematische Verfahren in den Geowissenschaften, Band II; Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).
- DRESEN, L., KERNER, C. & KÜHBACH, B. (1985): The influence of an asymmetry in the sequence rock/coal/rock on the propagation of Rayleigh seam waves. - Geophys. Prospecting **33**: 519-539.
- DRESEN, L. & RÜTER, H. (1994): Seismic Coal Exploration - Part B: In-seam Seismics. - in Handbook of Geophysical Exploration, Vol. 16 B, Section I: Seismic Exploration; K. Helbig & S. Treitel (Ed.): Oxford (Pergamon-Elsevier Sciences Ltd.).
- EIVISON, F.F. (1955): A coal seam as a guide for seismic energy. - Nature **116**: 1224-1225.
- GELDMACHER, I., DRESEN, L. & STÜRZNICKEL, T. (1990): Seismic modeling with channel waves in seam structures influenced by mylonite zones. - Geophys. Prospecting **38**: 889-911.
- KREY, Th. (1963): Channel waves as a tool of applied geophysics in coal mining. - Geophysics **28**: 701-714.
- KREY, Th. (1988): Miterlebtes und Mitbewirktes in der seismischen Steinkohlenerkundung. Vortrag (am 6.7.1988) anlässlich der Verleihung des akademischen Grades "Dr. honoris causa" von der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum.

Gravimetrische Arbeiten im Geodätischen Institut und im Zentralinstitut Physik der Erde Potsdam 1870 - 1991

Claus Elstner, Martina Harnisch & Günter Harnisch

Einleitung

Das Arbeitsprofil des Geodätischen Instituts Potsdam wurde in seinen Grundzügen durch F.R. Helmert (1843 - 1917) geprägt, der das Institut von 1886 bis 1917 leitete. Alle wesentlichen Aufgabenstellungen versuchte er dem einen Ziel unterzuordnen: Erforschung und Beschreibung der Erdfigur als Äquipotentialfläche der Schwere im Meeresniveau (Geoid). Daher kam den verschiedensten gravimetrischen Arbeiten (Entwicklung von Instrumenten, Meß- und Auswerteverfahren, Schweremessungen auf dem Festland und auf den Weltmeeren, theoretische Untersuchungen) besondere Bedeutung zu. 1969 wurde das Geodätische Institut in das neu gegründete Zentralinstitut Physik der Erde eingegliedert. Das Helmhertsche Konzept für die gravimetrischen Untersuchungen in der Geodäsie blieb weiterhin Leitlinie für die gravimetrischen Arbeiten auch in diesem Institut bis zu seiner Auflösung 1991.

Das Geodätische Institut widmete sich zunächst auch der Entwicklung von Geräten und Auswerteverfahren für die angewandte Gravimetrie und führte entsprechende Feldmessungen aus. Es ist daher nicht verwunderlich, daß das Geodätische Institut langjährige Wirkungsstätte so bekannter Geophysiker wie H. Haalck (1894 - 1969) und K. Jung (1902 - 1972) war, die sich hier vorwiegend mit Fragestellungen der aufkommenden angewandten Geophysik befaßten. Erst mit der neuen Dienstordnung vom 1. Jan. 1937 wurde dieser Aufgabenkreis ausgegliedert und in den Zuständigkeitsbereich der inzwischen entstandenen geophysikalischen Institute verwiesen; Helmert hatte sich noch strikt und erfolgreich gegen eine solche Trennung der angewandten von der geodätischen Gravimetrie ausgesprochen.

Reversionspendelmessungen von Kühnen und Furtwängler und das Potsdamer Schwere-system

Schon bei der Projektierung des neuen Institutsgebäudes auf dem Telegrafenberg in Potsdam wurde von Helmert im Inneren des Gebäudes ein temperaturstabilisierter Raum, der Pendelsaal, mit einem Doppelpfeiler für Reversionspendelmessungen und drei weiteren Pfeilern für Messungen mit Relativpendelgeräten vorgesehen. Gelegentlich eines Besuchs in Potsdam schreibt R. v. Sterneck voller Bewunderung in einem Bericht über Pendelmessungen: *"Es gereicht mir zur besonderen Ehre und größten Befriedigung, dass es mir vergönnt war, in Gegenwart des geistigen Schöpfers dieses Musterinstitutes, Herrn Directors Dr. Helmert, diesen, der Schwere auf der Erde geweihten Raum als Erster zu benutzen."*

Helmert selbst führte zunächst umfangreiche theoretische und experimentelle Untersuchungen über Reversionspendelmessungen aus, die er mit seiner Schrift "Beiträge zur Theorie des Reversionspendels" abschloß. 1898 beauftragte

er F. Kühnen und Ph. Furtwängler mit der Ausführung endgültiger Messungen. Neben einem Sekunden- und einem Halbsekundenpendel des Geodätischen Instituts Potsdam standen ihnen ein Sekundenpendel von der Sternwarte Padua ("Italiensches Pendel") und zwei Pendel von der k. u. k. Gradmessungskommission zu Wien ("Schweres und leichtes österreichisches Pendel") zur Verfügung, insgesamt also 5 Reversionspendel. Alle Pendel konnten wahlweise entweder mit Schneiden oder mit Schwingflächen ausgerüstet werden. Die Schwingzeitmessungen wurden zunächst bei normalem Atmosphärendruck ausgeführt, später auch bei schwachem Vakuum bis herab zu etwa 20 Torr. Um die äußeren Umstände der Messungen etwas einschätzen zu können, sei erwähnt, daß bei den Längenmessungen der Raum mit einer Auerlampe (Gasglühlicht) beleuchtet wurde, während bei den Schwingzeitmessungen einfache Stearinkerzen als Lichtquelle dienten. Aus den zwischen 1898 und 1904 ausgeführten Messungen leiteten Kühnen und Furtwängler als Endergebnis den bekannten Wert $g = (981,274 \pm 0,003) \text{ cm s}^{-2}$ ab, bezogen auf die Höhe "87 m über dem Meeresniveau".

1909 wurde durch einen Bericht von E. Borrass, den er der Konferenz der Internationalen Erdmessung in Cambridge vorlegte, das Potsdamer Schwere-system eingeführt. Es wurde auf den von Kühnen und Furtwängler bestimmtem Absolutwert und den Ort dieser Messungen im Pendelsaal des Geodätischen Instituts bezogen. Das so festgelegte Niveau blieb zunächst etwa 30 Jahre lang unangefochten. Erst die Reversionspendelmessungen von P.R. Heyl und G.S. Cook von 1934 bis 1935 in Washington und J.S. Clark von 1936 bis 1938 in Teddington deuteten mit Differenzen von -20,0 und -12,8 mGal auf einen größeren systematischen Fehler im Potsdamer Bezugswert hin, dessen Aufklärung jedoch durch den Zweiten Weltkrieg erheblich verzögert wurde. Nach Kriegsende setzten umfangreiche Aktivitäten ein, um einerseits den Fehler in den Potsdamer Messungen selbst nachzuweisen, andererseits durch neue Absolutmessungen nach möglichst vielen voneinander unabhängigen Verfahren und unter Nutzung der neu sich bietenden technischen Möglichkeiten (Schnellphotographie, elektronische Schwingzeit- und Längenmessungen, elektronische Rechentechnik u.a.) eine zuverlässige Korrektur für den Bezugswert des Potsdamer Schwere-systems abzuleiten. Diese Aktivitäten zogen sich bis Anfang der siebziger Jahre hin, als durch Empfehlung der 15. Generalversammlung der IUGG in Moskau das Potsdamer System durch ein Internationales Schwere-Standard-Netz (IGSN 71) abgelöst wurde, in dem auch Potsdam als eine von insgesamt 1854 Stationen enthalten ist.

Neubestimmung des Absolutwertes der Schwere in Potsdam mit Reversionspendeln

An den Bemühungen, den Fehler in dem von Kühnen und Furtwängler bestimmten Schwerewert aufzuspüren und einen neuen, zuverlässigeren Bezugswert für das Potsdamer

Schweresystem festzulegen, beteiligte sich auch das Geodätische Institut. Sein damaliger Direktor, K. Reicheneder (1903 - 1981), schlug dazu in Anlehnung an das von den Relativpendelmessungen her bekannte Zweipendelverfahren eine neue Variante des Reversionspendelverfahrens vor. Einerseits waren auf diesem Gebiet die meisten Erfahrungen vorhanden, andererseits bot das Reversionspendelverfahren eine Alternative zu den um diese Zeit neu aufkommenden zahlreichen Varianten von Fallmethoden und lag so im Sinne einer späteren Empfehlung der IAG, neue Absolutmessungen nach möglichst vielen, vom physikalischen Prinzip her unabhängigen Verfahren auszuführen, um das Risiko nicht erkannter systematischer Fehler auf ein Minimum zu reduzieren.

Nach dem ursprünglichen Plan waren drei Geräte mit evakuierbaren Behältern zur Aufnahme der drei Pendelpaare von 25, 50 und 75 cm Länge vorgesehen. Die Pendel sollten mit pendelfesten Schneiden ausgestattet, die Lagerflächen an einem doppel-T-förmigen Träger innerhalb des Vakuumbehälters befestigt werden. Bei der Reversion sollte der gesamte Behälter mit den darin befindlichen Pendeln gedreht werden, um das Vakuum nicht zu zerstören. Auch bei den Längenmessungen sollten die Pendel nicht aus dem Gerät herausgenommen werden. Auf diese Weise hoffte man, hohe Meßgeschwindigkeiten zu erreichen. Auch an einen mobilen Einsatz dieser Pendelgeräte war gedacht. Hergestellt wurde jedoch nur das Gerät mit den 25-cm-Pendeln.

Noch während der Voruntersuchungen mit dem 25-cm-Gerät wurde, aufbauend auf den bis dahin gesammelten Erfahrungen - im wesentlichen von R. Schüler - ein neues Gerät mit Quarzpendeln konzipiert. Von der ursprünglichen Reichenederschen Konzeption wurden nur das Prinzip der gegenphasig auf gemeinsamer Unterlage schwingenden Pendel und die Verwendung von Pendelpaaren unterschiedlicher Länge übernommen. Aufgegeben wurde die Reversion des gesamten Geräts. Der Interferenzkomparator für die Längenmessungen wurde vom Pendelgerät getrennt. Die Pendel wurden mit Schwingflächen versehen und die Schneiden fest mit dem auf einem massiven Doppelpfeiler ruhenden Gerät verbunden. Zur Ausführung kamen Pendelpaare von 37,5, 50 und 75 cm Länge.

Die zwischen März 1968 und Februar 1970 ausgeführten abschließenden Messungen mit dem 25-cm-Pendelgerät und dem Quarzpendelgerät führten zu dem Endergebnis $g = (981,2601 \pm 0,0003) \text{ cm s}^{-2}$, bezogen auf den Doppelpfeiler S0 im Pendelsaal und die Höhe 87,00 m, d.h. auf den Bezugspunkt des Potsdamer Schweresystems. Der Vergleich mit den Ergebnissen anderer moderner Absolutmessungen zeigt, daß der neue Schwerewert offensichtlich keine systematischen Fehler enthält, die über die angegebene Genauigkeit von $\pm 0,3 \text{ mGal}$ hinausgehen. Mit Recht kann man daher behaupten, daß die neuen Absolutmessungen in Potsdam die genauesten jemals ausgeführten Reversionspendelmessungen sind, aber es werden auch die letzten gewesen sein. Die Zeit ist über das Reversionspendelverfahren hinweggegangen. Die Zukunft gehört transportablen Absolutgravimetern, die nach dem Prinzip des freien Falls oder des senkrechten Wurfs arbeiten und dank des gewaltigen technischen Fortschritts auf dem Gebiet der

elektronischen Zeit- und Längenmeßtechnik Genauigkeiten in der Größenordnung von wenigen Mikrogal erreichen. Aber auch diese Verfahren sind nicht frei von systematischen Fehlern, das Problem hat sich nur zu höheren Genauigkeiten hin verschoben.

In Potsdam wurden zwischen 1976 und 1990 im Nordostkeller des Institutsgebäudes, dem Ort der Messungen mit dem neuen Quarzpendelgerät, sieben Absolutmessungen mit Fallgravimetern ausgeführt, davon fünf mit dem GABL-Gravimeter des Instituts für Automatisierung und elektrische Meßtechnik in Novosibirsk und zwei mit dem Gravimeter JILAG-3 des Instituts für Erdmessung der Universität Hannover. 1995 folgten im Rahmen der Neuvermessung des Deutschen Schweregrundnetzes Messungen mit den Absolutgravimetern FG-5 des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main (IfAG) und erneut mit dem JILAG-3 der Universität Hannover. Die ersten Messungen bis 1990 deuteten nach sorgfältiger Elimination möglicher äußerer Fehlereinflüsse, insbesondere von Grundwasserschwankungen, auf signifikante langperiodische Variationen mit einer Periode von 11,5 Jahren und einer Amplitude von etwa $29 \mu\text{Gal}$ hin. Die späteren Messungen bestätigten diese Vermutung nicht. Als wahrscheinliche Ursachen sind daher instrumentelle systematische Störeinflüsse anzusehen.

Relative Schweremessungen

Nach dem Statut von 1887 fiel dem Geodätischen Institut u.a. die Aufgabe zu, "Bestimmungen der Intensität der Schwere an möglichst vielen Punkten" auszuführen. Bis in die dreißiger Jahre standen dazu ausschließlich Pendelgeräte zur Verfügung. Es wurden aber nicht nur Messungen im Gelände ausgeführt, sondern auch die Pendelgeräte und die Meßverfahren weiter entwickelt (umfangreiche Untersuchungen verschiedener Mitarbeiter zum Mitschwingeinfluß und zum Einfluß magnetischer Felder auf Invarpendel, Erprobung von Quarz- und Invarpendeln und von Details der technischen Gestaltung von Pendeln und Pendelgeräten). Während aus der Zeit J.J. Baeyers (1794 - 1885) lediglich über Messungen mit einem Repsoldschen Reversionspendelapparat an fünf verschiedenen Stationen berichtet wird, wurden zwischen 1923 und 1943 Pendelmessungen an etwa 450 Stationen im Deutschen Reich und in Gebieten, die während des Zweiten Weltkriegs von Deutschland besetzt waren, ausgeführt. Die Messungen nach 1934 fanden größtenteils im Rahmen der Geophysikalischen Reichsaufnahme statt (u.a., um Deutschland bei der Deckung seines Treibstoffbedarfs für die zunehmende Motorisierung "aus valutarischen und wehrtechnischen Gründen" vom Ausland unabhängig zu machen, wie es in einer "Denkschrift über die Notwendigkeit einer geophysikalischen Untersuchung Deutschlands" vom Mai 1934 heißt). Von der Geophysikalischen Reichsaufnahme wurden noch bis zum Februar 1945 erhebliche Geldmittel außerhalb des Haushaltsplans zur Verfügung gestellt, die der Weiterentwicklung von Pendelgeräten und des Haalck-Gravimeters zugute kamen.

Nach Ende des Zweiten Weltkriegs verlor das Geodätische Institut alle Pendelgeräte mit den dazugehörigen Pendeln. Sie wurden im Sommer 1945 als Teil der von Deutschland

zu erbringenden Reparationsleistungen eingezogen. Ein erster Neuanfang wurde mit einem Topfapparat gemacht, den der Mechanikermeister M. Fechner zu seiner Freude und aus Begeisterung an der Arbeit für sich selbst gebaut hatte und den er dann, noch vor der Währungsreform 1948, dem Geodätischen Institut für reichlich 2000 Mark verkaufte. Dazu kam leihweise ein 4-Pendel-Gerät aus Jena ('Haubenapparat'). Aus den verbliebenen Institutsbeständen wurden die besten Pendel ausgesucht. Mit diesen Geräten wurden Messungen im Schwerenetz und auf den Eichstrecken der DDR (zunächst Brocken, später Fichtelberg - Stralsund) ausgeführt. Internationale Verbindungen wurden gemessen nach Sofia 1958, Rom 1964, Mirny und Molodyoshnaya (Antarktika) 1965, Helsinki und Ivalo 1966. 1968 wurden noch einmal in größerem Umfang Pendelmessungen in einem Schwerenetz der damaligen sozialistischen Länder Osteuropas ausgeführt.

Neben den Pendelmessungen spielten Schwereverbindungsmessungen mit Gravimetern im Geodätischen Institut eine untergeordnete Rolle. Mit einem Askania-Gravimeter GS-12 beteiligte sich das Institut an Messungen im Schwerenetz der DDR und in dem osteuropäischen Schwerenetz. Internationale Verbindungen wurden gemessen 1964 nach Kopenhagen und auf Initiative und unter Mitwirkung von Ju.D. Boulanger (Moskau) 1970 nach Helsinki und Rom (Ciampino). Ein ähnlicher Versuch, 1970 eine direkte Verbindung zwischen Potsdam und Paris zu messen, scheiterte aus politischen Gründen. Erfolgreich waren dagegen direkte Verbindungsmessungen zwischen Potsdam und Bad Harzburg, das offiziell als Exzentrum von Potsdam betrachtet wurde. Diese Messungen sind 1964 in Zusammenarbeit zwischen dem Geodätischen Institut Potsdam und der Technischen Hochschule Hannover ausgeführt worden.

Das Haalck-Gravimeter

Mit dem in den zwanziger Jahren zunehmenden Einsatz geophysikalischer Verfahren zur Erkundung von Lagerstätten stieg auch das Interesse an flächendeckenden, engmaschigen Schweremessungen. Mit den damals für diese Zwecke allein zur Verfügung stehenden schwerfälligen Pendelgeräten (etwa ein Meßpunkt pro Tag) war dieses Ziel nicht zu erreichen. Daher wurde vielerorts an der Entwicklung von statischen Schweremessern gearbeitet. Vor diesem Hintergrund begann H. Haalck Ende der zwanziger Jahre mit der Entwicklung seines Gasfedergravimeters. Es arbeitet nach dem Barometerprinzip, wobei dem von der örtlichen Schwere abhängigen Gewicht der Quecksilbersäule vom Gegendruck eines abgeschlossenen Gasvolumens das Gleichgewicht gehalten wird. Durch Überschichtung des Quecksilbers mit einer leichteren Flüssigkeit und Verwendung von Röhren verschiedenen Querschnitts läßt sich die geringe Verschiebung der Quecksilbersäule hydraulisch so weit vergrößern, daß Schwereänderungen direkt an der Verschiebung eines Farbtropfens in einer Kapillare abgelesen werden können.

In den Jahren 1935 bis 1937 wurden von den Mitarbeitern des Geodätischen Instituts Fritz Haalck (dem Bruder Hans Haalcks) und R. Meinhold mit dem Haalck-Gravimeter im Rahmen der Geophysikalischen Reichsaufnahme Schwe-

remessungen an etwa 2300 Punkten in Mittel- und Nordwestdeutschland ausgeführt. Die Genauigkeit betrug etwa 1 mGal, die Meßgeschwindigkeit etwa 20 Stationen pro Tag (Stationsabstand 3 bis 4 km, Lastwagentransport des etwa 350 kg schweren Geräts). Für die Weiterentwicklung seines Schweremessers konnte Haalck über die Geophysikalische Reichsaufnahme erhebliche Geldmittel außerhalb des Haushaltsplans des Instituts beschaffen. Die Askania-Werke stellten das Gravimeter in einer Kleinserie her, aus der ein Gerät an das Geodätische Institut kam. Mit einem zweiten Gerät führte Meinhold im Auftrag der Shell-Company erfolgreich Schweremessungen in Flußdeltas und auf Lagunen im Norden Südamerikas aus.

Nach Ende des Zweiten Weltkriegs versuchte Haalck noch einmal, sein Gravimeter zu verbessern, vor allem die sehr temperaturempfindliche Gasfeder durch ein System von Aneroiddosen zu ersetzen. Aber diesen Bemühungen blieb der Erfolg versagt. Inzwischen hatten sich Federgravimeter sowohl hinsichtlich Größe und Gewicht als auch der erreichbaren Meßgenauigkeiten als leistungsfähiger erwiesen.

Seegravimetrie

Als Helmert um die Jahrhundertwende seine ersten Schwereformeln berechnete und veröffentlichte, um über das Clairautsche Theorem die Abplattung der Erde aus dem globalen Schwerefeld zu bestimmen, standen aus den Tiefseegebieten nur verhältnismäßig wenige Schwerewerte von Inselstationen zur Verfügung, die noch dazu wegen ihrer geringeren Genauigkeit und vor allem wegen der großen Unsicherheiten der an ihnen anzubringenden Korrekturen verworfen werden mußten. So benutzte er z.B. für die Schwereformel von 1901 nur Werte von Küsten- und Festlandstationen. Um der vom theoretischen Standpunkt her geforderten gleichmäßigen Verteilung der Meßwerte über die gesamte Erdoberfläche näher zu kommen, wurde es daher dringend notwendig, Schweremessungen auch direkt auf den Weltmeeren auszuführen.

Schon 1894 beantragte Helmert auf der Konferenz der Permanenten Kommission der Internationalen Erdmessung Mittel, um die Entwicklung von Geräten zur Ausführung von Schweremessungen auf Schiffen zu unterstützen. 1899 veröffentlichte H. Mohn auf der Grundlage älterer Arbeiten ein Verfahren, um durch Vergleich mit einem Siedebarenometer, Schwerekorrekturen für Quecksilberbarometer zu bestimmen. Helmert griff diese Gedanken auf und beauftragte O. Hecker (1864 - 1938) mit Vorversuchen zur Anwendung des Mohnschen Verfahrens für Schweremessungen auf dem Meer und der praktischen Erprobung des Verfahrens. Nach erfolgreichem Abschluß der Vorversuche konnte Hecker schon 1901 eine erste Meßreise über den Atlantischen Ozean antreten. Er erreichte Meßgenauigkeiten in der Größenordnung von ± 30 mGal. Diese Messungen von Hecker waren die ersten bedeutenden Schweremessungen auf den Weltmeeren. 1904 und 1905 schloß sich eine zweite Meßreise im Indischen und im Großen Ozean an und 1909 eine dritte auf dem Schwarzen Meer.

Später versuchte Haalck an die Traditionen des Geodätischen Instituts in der Seegravimetrie anzuknüpfen. Von

Anfang an war er bei der Entwicklung seines Gasfedergravimeters bemüht, dieses auch für Schweremessungen auf dem Meer einzusetzen. In der Praxis blieben jedoch alle Bemühungen, mit diesem Gravimeter auch Schweremessungen auf offenen Meeren auszuführen, ohne größeren Erfolg.

Drehwaagen

Aufbauend auf den Arbeiten von L. v. Eötvös entwickelte Hecker in den Jahren 1906 bis 1908 eine Drehwaage und ließ sie in der Institutswerkstatt bauen. Sie war mit einer photographischen Registriereinrichtung ausgestattet und einem Uhrwerk zur automatischen Einstellung in die erforderlichen Meßazimute. Später befaßte sich W. Schweydar (1877 - 1959) mit der Erprobung und Weiterentwicklung von Drehwaagen. Diese Arbeiten führten Mitte der zwanziger Jahre zu einer Drehwaage mit Z-förmigem Gehänge. Drehwaagen dieser Art wurden von den Askania-Werken in Serie gebaut und fanden als "Kleine Askania-Drehwaage" weite Verbreitung.

Schweydar, Jung und Haalck entwickelten rechnerische und graphische Verfahren zur Auswertung und Korrektur von Drehwaagemessungen, u.a. für die Praxis sehr geeignete Auszählprogramme. Schließlich sei noch auf Arbeiten von Jung und Haalck zur Störkörperberechnung aus Drehwaagemessungen (Gradient und Krümmungsgröße) hingewiesen. Zwischen 1917 und 1937 wurden von Mitarbeitern des Geodätischen Instituts Drehwaagemessungen auf mehreren hundert Stationen in Deutschland ausgeführt, vorwiegend über Salzstöcken, 1918 auch auf 72 Stationen in Rumänien. All diese Arbeiten sind eindeutig der aufkommenden "Angewandten Geophysik" zuzuordnen. Als gemäß der neuen Dienstordnung von 1937 alle angewandt-geophysikalischen Arbeiten den inzwischen entstandenen geophysikalischen Institutionen zugeordnet wurden, endeten im Geodätischen Institut alle Arbeiten zur Entwicklung von Drehwaagen sowie die Ausführung und Auswertung von Drehwaagemessungen.

Gezeitengravimetrie

In den Kellerräumen des benachbarten Astrophysikalischen Instituts gelang es E. v. Rebeur-Paschwitz 1889 erstmals, mit spitzengelagerten Horizontalpendeln die von den Festerdezeiten hervorgerufenen Schwankungen der Lotlinie experimentell nachzuweisen. Dabei registrierte er auch erstmals die von einem Fernbeben ausgelösten Erdbebenwellen (Japan-Beben vom 17. April 1889). Hecker gelangen in den Jahren von 1902 bis 1909 mit spitzengelagerten Horizontalpendeln und einer photographischen Registriereinrichtung im 26 m tief gelegenen Seitenstollen des Tiefbrunnens auf dem Telegraphenberg die ersten Aufzeichnungen von gezeitenbedingten Lotschwankungen über einen längeren Zeitraum.

Um die störenden Einflüsse von Temperaturschwankungen zu verringern, schlug G.H. Darwin 1909 vor, Messungen in Bergwerken auszuführen. So kam es u.a. zu den Arbeiten von Schweydar mit Horizontalpendeln in Zoellnerscher Aufhängung, die er von 1910 bis 1920 in der Reichen Zeche in Freiberg in Sachsen in 189 m Tiefe ausführte.

In der Folge der Aktivitäten des Internationalen Geophysikalischen Jahres (1956 - 1957) begann J. Byl 1960 noch einmal mit Horizontalpendelmessungen im Seitenstollen des Tiefbrunnens. Dabei verwendete er neben Zoellner-Pendeln auch Horizontalpendel vom Typ Tomaschek-Ellenberger und Ostrovskij-Klinometer. Mit diesen Messungen wurde u.a. das Ziel verfolgt, Aussagen über das lokale Neigungsverhalten des Potsdamer Telegraphenberges und seiner Umgebung zu erhalten.

Die direkte Messung der gezeitenbedingten Schwerevariationen stieß wegen des geringen Effekts (maximal einige 10^{-7} der Schwere) noch längere Zeit auf meßtechnische Schwierigkeiten. Als erstem gelang es Schweydar, mit einem von ihm entwickelten Bifilargravimeter, wiederum im Seitenstollen des Tiefbrunnens, die vom Mond erzeugten halbtägigen Schwerevariationen zu registrieren und auszuwerten. Obwohl die Strichstärke seiner photographischen Aufzeichnungen die Signalamplituden deutlich übertraf, konnte er aus dem einjährigen Meßmaterial (1913 - 1914) die Amplitude der M2-Welle bis auf wenige Prozent genau bestimmen. Dieses Ergebnis war zusammen mit dem der Lotschwankungsregistrierungen eine wichtige experimentelle Bestätigung der Loveschen Theorie von der Elastizität des Erdkörpers.

Seit 1957 wurden am Potsdamer Institut wieder Messungen der Schwereänderungen vorgenommen, bis 1965 mit einem Askania-Gravimeter GS-12 und von 1973 an mit einem GS-15, das seit dieser Zeit ohne größere Unterbrechungen registriert und inzwischen eine kontinuierliche Beobachtungsreihe von mehr als zwanzig Jahren geliefert hat. Diese Reihe ermöglicht eine weitergehende Auflösung eng benachbarter Partialtiden sowie die Untersuchung von langperiodischen Schwereänderungen und der Wirkung äußerer Massenumverteilungen meteorologischer und hydrologischer Art. Insbesondere wurden auch Untersuchungen zu planetaren Luftdruckwellen in meteorologischen Zeitreihen und deren Schwerewirkungen angeregt.

Da Anfang der siebziger Jahre die Anschaffung eines Supraleitgravimeters aus handelspolitischen und finanziellen Gründen nicht möglich war, wurden in Zusammenarbeit mit kompetenten technischen Instituten Eigenentwicklungen versucht, die trotz aussichtsreicher Anfangserfolge vorzeitig abgebrochen werden mußten (1971 bis 1975 Physikalisches Institut der Friedrich-Schiller-Universität Jena, 1984 bis 1989 Physikalisch-Technisches Institut für tiefe Temperaturen bei der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften, Charkow). Nach der politischen Wende in Deutschland wurde noch 1989 die Anschaffung und Aufstellung eines kommerziellen Supraleitgravimeters eingeleitet, das seitdem vom GeoForschungsZentrum Potsdam betrieben wird.

Überwachung des regionalen Schwerefeldes

Zwischen 1969 und 1970 wurde zur Überwachung des regionalen Schwerefeldes ein gravimetrisches West-Ost-Profil angelegt, das sich über den mitteldeutschen Hauptabbruch bis in das norddeutsch-polnische Sedimentbecken erstreckt. Es beginnt westlich von Magdeburg und verläuft über Genthin und Potsdam bis in die Nähe von

Seelow. Die sieben Meßpunkte des Profils sind unterirdisch vermarktet, in ihrer unmittelbaren Umgebung wurden Grundwassermeßstellen angelegt. Die jährlich im Frühjahr mit einer möglichst großen Zahl von Gravimetern gemessenen Schwereunterschiede (überwiegend Quarzfedergravimeter, später auch - dank der Unterstützung durch andere Institute - LCR-Gravimeter) lieferten Aussagen zur Stabilität der Erdkruste und zur Größe hydrologischer Störeinflüsse. In Verbindung mit den Registrierungen der lokalen Schwerevariationen waren sie bedeutsam für die Interpretation wiederholter Absolutmessungen in Potsdam. Sie zeigten, daß die Absolutmessungen auch für ein größeres Umfeld (Größenordnung 200 km) repräsentativ sind. Darüber hinaus kann das Profil für die Qualitätsbewertung von Gravimetern genutzt werden, da die zeitliche Stabilität von Schwere und Höhe bis auf wenige Mikrogal bzw. 0,1 mm durch wiederholte Messungen gesichert erscheint.

Literatur

Da es wegen des beschränkten Platzes nicht möglich ist, alle Aussagen in der vorliegenden Arbeit durch spezielle Literaturquellen zu belegen, sind im folgenden einige Arbeiten zusammengestellt, aus denen weiterführende Hinweise entnommen werden können.

DITTFELD, H.-J. (1985): Results of an eight years' gravimetric earth tide registration series at Potsdam. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 71: 3 - 17; Potsdam.

ELSTNER, C. (1991): On the results of absolute gravity measurements at Potsdam in the period 1976 - 1990. - Cahiers Centr. Europ. Geodyn. et Seism. 3: 23-38; Luxembourg.

ELSTNER, C., FALK, R., HARNISCH, G. & BECKER, M. (1993): Results and comparisons of repeated precise gravity measurements on the gravimetric West-East-Line. - 7th Symp. "Geodesy and Physics of the Earth", Potsdam 1992: 176-180; Berlin Heidelberg (Springer-Verlag).

ELSTNER, C., HARNISCH, M. & SCHWAHN, W. (1985): On the determination of the gravimetric M_f tide at Potsdam. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 71: 18-53; Potsdam.

ELSTNER, C., HARNISCH, M. & SCHWAHN, W. (1993): Annual and Semiannual Modulations of Planetary Waves in the Spectra of Air Pressure and some Consequences on Gravity Variations. - Marées Terrestres, Bull. d' Inf. H. 117: 8664-8674; Bruxelles.

FRIEDRICH ROBERT HELMERT (1993): Akademie-Vorträge. Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main (= Nachr. aus dem Karten- und Vermessungswesen, R. I, H. 109).

KÜHNEN, F. & FURTWÄNGLER, Ph. (1906): Bestimmung der absoluten Größe der Schwerkraft zu Potsdam mit Reversionspendeln. - Veröff. königl. preuss. geodät. Inst., N.F., Nr. 27: Berlin (Stankiewicz).

LERBS, L. (1970): Über die Entwicklung des Geodätischen Instituts Potsdam von der Gründung 1870 bis zur Eingliederung in das Zentralinstitut für Physik der Erde 1969. - Diss. Univ. Leipzig (unveröff.).

LERBS, L., SASS, I. & STANGE, A. (1968): Bibliographie der Mitarbeiter des Geodätischen Instituts 1861 - 1967. - Arb. Geod. Inst. Potsdam. H. 22.

SCHÜLER, R., HARNISCH, G., FISCHER H. & Frey, R. (1971): Absolute Schweremessungen in Potsdam 1968 - 1969. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde, H. 10; Potsdam.

Forschungsarbeiten zur reflexionsseismischen Erkundung im ehemaligen VEB Geophysik Leipzig

Helmut Gaertner & Stefan Pröhl

Die Forschung hatte im VEB Geophysik eine lange Tradition, die bis in die Jahre unmittelbar nach Gründung des Betriebes zurückreichte. Neben Arbeiten zur Seismik wurden Forschungsarbeiten zur Geräteentwicklung, Bohrlochmessung und zu Potentialverfahren ausgeführt. Anliegen dieses Beitrages soll es sein, einen gedrängten Überblick über Organisationsformen und Inhalte der Verfahrensforschung auf dem Gebiet der Reflexionsseismik seit dem Ende der sechziger Jahre zu geben. Dieser Zeitraum fällt etwa zusammen mit der Einführung der Digitalseismik und der Entwicklung der Nahseismik für die Braunkohlenerkundung im VEB Geophysik.

Organisationsformen

Seit den fünfziger Jahren existierte im Betrieb eine eigene Forschungsabteilung, die für Projektierung und Durchführung der Forschungsarbeiten sowie die Einführung der Ergebnisse in die Produktion zuständig war. Außerdem besaß die Forschung eine Art "Supervisorfunktion" für Produktionsaufgaben, indem sie für alle Arbeiten von der Akquisition über die Projektierung der Feldmessungen bis hin zum Processing der Daten verantwortlich, zumindest aber an maßgebender Stelle beteiligt gewesen ist.

Die Abteilung wurde später in einen Direktionsbereich umgewandelt, dem mehrere Abteilungen unterstanden. Neben der Geräte- und Softwareentwicklung gab es zwei Abteilungen für die Verfahrensentwicklung: Forschung Erdöl-Erdgas unter langjähriger Leitung von Dr. G. Löser und Forschung Feste Minerale unter Dr. S. Große.

Die Ziele der Forschungsarbeiten wurden von den aktuellen geologischen Aufgabenstellungen geprägt und entweder vom Betrieb selbst oder in den meisten Fällen von zentraler Stelle (Ministerium für Geologie, VVB Erdöl-Erdgas Gommern - VVB bedeutet Vereinigung Volkseigener Betriebe -) vorgegeben. Dem Themenverantwortlichen unterstanden mehrere Mitarbeiter, bei größeren Themen bis zu 20. Jedes Thema war durch in Nomenklaturen festgelegte Arbeitsstufen charakterisiert.

Die Arbeiten begannen in der Regel mit der Fixierung der Aufgabenstellung (Arbeitsstufe V1, V steht für Verfahrensentwicklung). Diese mußte unter Berücksichtigung einer "volkswirtschaftlichen Zielstellung" vom Themenverantwortlichen in einem sog. Pflichtenheft zusammengestellt werden, das bereits Vorstellungen über den Inhalt, zeitlichen Ablauf und finanziellen Aufwand der Arbeiten enthielt. Der nächste Schritt war die i.a. aufwendige Erarbeitung des Lösungsweges (Arbeitsstufe V2). Dabei spielte die Berücksichtigung aller Randbedingungen (vorhandenes Wissen, internationaler Stand, nationale und internationale Kooperation, zur Verfügung stehende Geräte, Hard- und Software) eine wichtige Rolle. Dem schloß sich die eigentliche Etappe der Forschungsarbeiten an, die mit zwei weiteren Arbeitsstufen endete. In der Stufe V5 war die Wirk-

samkeit der erarbeiteten Verfahren an Beispielen nachzuweisen (Erprobungsbericht), in der Stufe V5/0 wurden die methodischen Ergebnisse zusammengestellt. Mit der Vorlage des Forschungsergebnisses begann die "Überleitung", die eine Einführung des Forschungsergebnisses in die Erkundungspraxis zum Ziel hatte.

Dazu wurden ein "Überleitungsprogramm" sowie eine Dokumentation für den Anwender erarbeitet und von Vertretern der Forschung und der produzierenden Bereiche realisiert. Die Laufzeit der größeren Forschungsthemen betrug in der Regel 2 bis 3 Jahre.

Die genannten Arbeitsstufen waren verteidigungspflichtig. Für betriebliche Themen erfolgte die Verteidigung vor dem Wissenschaftlichen Rat des Betriebes bzw. Kombines. Forschungsthemen, deren Aufgabenstellung vom Ministerium für Geologie vorgegeben waren, waren sog. Staatsplanthemen. Deren Verteidigung erfolgte im Ministerium vor einem Beauftragten des Ministers unter Teilnahme von Vertretern der geologischen Industrie sowie von Hochschulen, die zur Abgabe von Stellungnahmen zum jeweiligen Forschungsbericht aufgefordert waren. Aus den Verteidigungen resultierten zumeist Auflagen zur Fortführung der Arbeiten oder Nutzung des Ergebnisses in der Praxis.

Maßstab für das Ergebnis aller Forschungsarbeiten war die Anwendbarkeit und Nutzung in der Praxis. Veröffentlichungen unterlagen strengen Geheimhaltungsbestimmungen und wurden häufig restriktiv behandelt. Daß trotzdem Publikationen (z.T. auch im russischsprachigen Raum) zustande kamen, war häufig auf Initiative und Hartnäckigkeit der Autoren zurückzuführen. Andererseits entstanden Publikationen auch auf Weisung übergeordneter Dienststellen.

Inhalte

Die Inhalte der Forschungsarbeiten zur Verfahrensentwicklung waren durch verschiedene Hauptrichtungen charakterisiert. Die Forschung zur Erdöl-Erdgas-Erkundung war ausgerichtet auf die Erarbeitung von reflexionsseismischen Verfahren, die den komplizierten Aufgaben der Suche nach Lagerstätten im Zechstein und Rotliegenden gerecht wurden. Auf diesem Gebiet wurden im Zeitraum von 1970 bis 1990 etwa 20 Themen bearbeitet. Mehr als die Hälfte davon hatte das Ziel, reflexionsseismische Verfahren zu entwickeln, einerseits zur Erkundung von kleinräumigen Hochlagen des Staßfurtkarbonats des Zechsteins einschließlich des Nachweises von Störungen geringer Sprunghöhe meist bei komplizierten Deckgebirgsverhältnissen, andererseits vor allem aber für die Erfassung der strukturellen Situation im Rotliegenden, dem Hauptziel der Erdgaserkundung in der DDR. Hier stand zunächst die Erfassung und Verfolgung des Z-Reflektors im Vordergrund, an Hand dessen die Rotliegenderkundung anfänglich erfolgte, Hauptziel war jedoch der Nachweis und die

Verfolgung von Reflexionen im Rotliegenden selbst. Im Mittelpunkt der methodischen Aktivitäten stand die Erreichung eines optimalen Nutz-Stör-Verhältnisses. Die Weiterentwicklung von Feld-, Bearbeitungs- und Interpretationsmethodik bildete dabei eine Einheit. Aktivitäten zu diesem Komplex waren auf dem Gebiet der Feldmethodik u.a. die Anpassung des CMP-Systems an die Aufgabenstellung sowie die Einführung von Mehrfachprofilierung, flächenhaften Beobachtungssystemen und 3D-Seismik. Auf dem Sektor Datenbearbeitung waren u.a. die Verbesserung der Geschwindigkeitsmethodik und von statischen Restkorrekturen sowie die Erkennung und Unterdrückung von Störwellen wesentliche Maßnahmen. Bei der Interpretationsmethodik waren die Einbeziehung nichtseismischer Ergebnisse ("Komplexinterpretation") und die Einführung bzw. Nutzung der rechnergestützten Interpretation wichtige Aktivitäten. Langjähriger Projektleiter von Forschungsthemen zur reflexionsseismischen Strukturerkundung für Erdöl-Erdgas war K. Wruck. Eine bedeutende Rolle spielte auch die vertikalseismische Profilierung (VSP). Die methodisch-technologischen Grundlagen wurden in betrieblicher Zusammenarbeit zwischen deutschen und sowjetischen Spezialisten geschaffen. Die erste Bohrung wurde mit diesem Verfahren bereits im Jahre 1966 - zunächst noch mit analoger, ab 1970 mit digitaler Technik - vermessen. Bis zum Jahre 1990 sind etwa 350 VSP und ca. 250 Laufzeitmessungen ausgeführt worden. Die Ergebnisse wurden routinemäßig für die Interpretation reflexionsseismischer Daten genutzt.

Weitere Forschungsthemen hatten die Entwicklung von Verfahren zur stofflichen Interpretation reflexionsseismischer Daten zum Ziel. Schwerpunkte waren die Bestimmung und Interpretation dynamischer Kenngrößen einschließlich der auf sie einwirkenden Störeinflüsse, die Ermittlung der Absorption, die Spurinversion und die Erarbeitung von Verfahren zur seismischen Stratigraphie bei ungünstigem Nutz-Stör-Verhältnis. Mit Hilfe der erarbeiteten Verfahren war es bei Erfüllung bestimmter Voraussetzungen möglich, lithologische Veränderungen im Mesozoikum, im Zechstein und - innerhalb größerer Mächtigkeiten - auch im Rotliegenden nachzuweisen. Außerdem konnten die Grundlagen für den sog. 'Direktnachweis' von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten geschaffen werden.

In der Abteilung Forschung Feste Minerale waren naturgemäß die Arbeiten nicht nur auf die Reflexionsseismik beschränkt, die allerdings den größten Teil der Kapazitäten beanspruchte. Gefördert durch das starke industrielle Umfeld des Braunkohlenbergbaus wurde Mitte der 60er Jahre die Entwicklung reflexionsseismischer Verfahren für die Erkundung des oberflächennahen Untergrundes in Auftrag gegeben.

Diese Forschungsarbeiten endeten in der erfolgreichen Überleitung von drei nahseismischen Verfahrensvarianten, die bis 1990 auf fast 3000 Profilkilometern für den Braunkohlenbergbau genutzt wurden. Als erstes Verfahren ist in Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig ein Verfahren für eine sehr saubere Scherwellenanregung im Schurf entwickelt worden. Dieses wurde später, vor allem in der Lausitz mit sehr ungünstigen natürlichen Bedingungen für die Anregung von Scherwellen, abgelöst durch eine vibra-

tionsseismische Variante. Der dafür verwendete Minivibrator wurde in Zusammenarbeit mit der Bergakademie Freiberg unter Leitung von B. Forkmann entwickelt. Interessant ist, daß die Aufnahme mit in Brieselang bei Berlin hergestellten Geophonen in Auslageanordnung mit einer Tschebyscheff-Wichtung erfolgte. Als Alternativlösung zu diesen Quellen wurde zuletzt als drittes Verfahren eine hochauflösende Seismik eingesetzt, die auf der Verwendung von Hochfrequenzgeophonen, angeordnet auf sehr kleiner Fläche, beruhte. Die Anregung erfolgte dabei mit Schuß aus Flachbohrungen innerhalb der Langsamschicht. Dieses Verfahren wurde später in der Anregung modifiziert, auf größere Tiefen ausgerichtet und erfolgreich für die Erkundung geringmächtigen Staßfurtkarbonats eingesetzt.

Viele der Forschungsarbeiten waren mit hohem Personalaufwand verbunden, führten aber in Verbindung mit den nachfolgend genannten Kooperationspartnern zu höchst effektiven Lösungen (z.B. bei der Modellierung von Wellenfeldern, VSP, der Erkundung des Nahbereichs mit P- und S-Wellen sowie der Aktivitäten zur Prognose des geologischen Profils), die in der Praxis gemeinsam von Geophysikern und Geologen genutzt wurden. Andererseits darf nicht übersehen werden, daß die im VEB Geophysik bestehenden Voraussetzungen in Hinblick auf Geräte- und Rechentechnik für manche Vorhaben eine natürliche Grenze bildeten.

Nationale und internationale Kooperation

Partner für die Durchführung der Forschungsarbeiten konnten den politischen Zwängen folgend nur in der DDR oder bei den Mitgliedstaaten des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW bzw. COMECON) gewonnen werden. Im Inland waren dies neben den genannten Auftraggebern vor allem die Karl-Marx-Universität Leipzig, die Bergakademie Freiberg und das Zentralinstitut für Physik der Erde Potsdam, die an der Realisierung der o.g. Ziele auf Vertragsbasis aktiv mitwirkten.

Höchst bedeutsam für die Forschung im VEB Geophysik war die internationale Kooperation mit den Mitgliedsländern des RGW. Innerhalb dieser Organisation existierte eine "Ständige Kommission für Erdöl und Erdgas", der die Koordinierung gemeinsamer Arbeiten oblag. Partner des VEB Geophysik waren hier u.a. die Zentrale Geophysikalische Expedition Moskau, ELGI und OKGT Budapest, Geofyzika n.p. Brünn, PPG Warschau, PGPIGK Sofia und VNIIGeofizika Moskau. In diesem Zusammenhang wurde auch der Kontakt zu den osteuropäischen Hochschulen gepflegt, insbesondere zu den Universitäten von Prag und Leningrad sowie zum Erdölinstitut Moskau.

Ein Schritt war die sog. 'direkte Zusammenarbeit'. In deren Mittelpunkt stand ein Erfahrungsaustausch zur digitalseismischen Methodik der Erdöl- und Erdgaserkundung sowie der Erkundung von Braunkohle, die gemeinsame Durchführung von Versuchs- und Routinemessungen im Grenzgebiet zwischen der DDR, Polen und der CSSR. Auch die Entwicklung digitaleismischer Apparaturen durch ELGI Budapest und VEB Geophysik war Bestandteil

dieser direkten Zusammenarbeit, deren Kosten von jedem Land selbst getragen wurden.

Eine weitere und sehr erfolgreiche Intensivierung der Kooperation wurde mit der Bildung sog. "Koordinierungszentren" (KOZ) innerhalb des RGW erreicht. Im Jahre 1974 gründete sich als eines von mehreren Interneftegeofizika mit Sitz in Moskau. Seine Hauptaufgabe war die Entwicklung von Methoden der automatisierten Bearbeitung seismischer Daten für die Erdöl- und Erdgaserkundung besonders für Gebiete mit kompliziertem geologischen Bau. Sie deckte sich damit weitgehend mit den Zielstellungen der reflexionsseismischen Forschungsarbeiten in der DDR. Drei vom KOZ Interneftegeofizika verfolgte Hauptaufgaben sind zu nennen (KASCHIK & MANUKOV 1986):

- Erarbeitung des Datenbearbeitungssystems SDS-3, basierend auf der ESER-Rechentechnik. Das nutzerfreundliche und zuverlässig arbeitende System wurde von UdSSR, DDR und CSSR gemeinsam entwickelt und bildete die rechentechnische Basis im VEB Geophysik in der Zeit von 1980 bis 1990. Es wurde laufend erweitert und aktuellen Aufgabenstellungen angepaßt.

- Methodik und Software für die Lösung struktureller Aufgaben unter komplizierten geologischen Bedingungen. Neben vielen anderen Aktivitäten ist hier die Entwicklung einer hochauflösenden Seismik in der Verfahrensentwicklung zu nennen.

- Erarbeitung von Verfahren zur Prognose des geologischen Profils (Vorhersage der Lithologie, Direktnachweis von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten, seismische Stratigraphie).

In der Zeit von 1986 bis 1990 wurden beispielsweise im KOZ Interneftegeofizika 9 Rahmenthemen zur Seismik mit mehr als 100 Unteraufgaben bearbeitet. Grundlage für die gemeinsame Bearbeitung der Aufgaben des KOZ bildeten Wirtschaftsverträge, an denen jede Seite anteilig finanziell beteiligt war. Interessant ist ein Blick auf die Organisationsformen des Koordinierungszentrums. Das oberste Organ war der "Rat der Bevollmächtigten", dem gewöhnlich die Direktoren der beteiligten Institutionen angehörten und der einmal jährlich tagte. Eine Zwischenebene bildeten die Experten. Die praktische Arbeit wurde an der Basis von den Spezialisten geleistet, die mehrmals jährlich den erreichten Stand diskutierten (z.B. 75 Arbeitstreffen im Jahre 1988), Daten, Algorithmen und Rechenprogramme austauschten und auch gemeinsame Messungen planten und durchführten. Eine große Rolle spielte innerhalb der KOZ die Qualifizierung der beteiligten Mitarbeiter. Dazu zählten: Teilnahme an jährlich stattfindenden gemeinsamen geophysikalischen Symposien der RGW-Länder, Durchführung wissenschaftlicher Seminare des KOZ und thematischer Praktika sowie die Zusammenfassung sog. "zeitweilig arbeitender Kollektive" (ZAKs), von denen thematisch begrenzte Aufgaben kurzfristig realisiert wurden.

Das Ziel, ein gemeinsames Rechenzentrum der RGW-Länder unter Regie des KOZ Interneftegeofizika zu gründen und zu betreiben, konnte nicht mehr erreicht werden. Die Ergebnisse der umfangreichen, innerhalb dieses KOZ

ausgeführten Forschungsarbeiten sind in zahlreichen Berichten (in russischer Sprache) dokumentiert.

Das KOZ Intergeotechnika erlangte naturgemäß für die Verfahrensforschung des VEB Geophysik nicht die Bedeutung wie das KOZ Interneftegeofizika. Aber auch hier wurden in gemeinsamen Workshops, Seminaren und Meßkampagnen Erfahrungen auf dem Gebiet der geophysikalischen Erkundung des Nahbereiches sowie der Ingenieur- und Hydrophysik gepflegt. Erwähnenswerte Projekte waren die Konzipierung eines mehrsprachigen geophysikalischen Wörterbuches und die als Parameterreihe bezeichnete Erarbeitung von Standards für geophysikalische Geräte und Ausrüstungen. Allerdings hat dieses KOZ nicht die Durchsetzungskraft und Stärke erreicht, um die Geräteentwicklung in den einzelnen Mitgliedsländern des COMECON wesentlich beeinflussen zu können.

Beispiele für Ergebnisse von Forschungsarbeiten

Nachfolgend sollen einige ausgewählte Forschungsergebnisse zur Nahseismik, zur hochauflösenden Seismik und der substantiellen Interpretation seismischer Daten skizziert werden. Ergebnisse zur strukturellen Erkundung von Erdöl und Erdgas sind u.a. bei GAERTNER et al. (1993) zusammengestellt. Erste Ergebnisse von VSP-Messungen findet man bei DEUBEL (1968).

Schon Mitte der 60er Jahre begann man sich in Leipzig für die Nutzung von Scherwellen zur reflexionsseismischen Erkundung des oberflächennahen Untergrundes bis in Tiefen von wenigen hundert Metern zu interessieren. Unter dem Einfluß der umfangreichen theoretischen und experimentellen Untersuchungen russischer Kollegen, insbesondere der Schule von N.N. Puzyrev in Novosibirsk (PUZYREV & BACHAREVSKAJA 1962), wurde in gemeinsamer Forschung mit der Universität Leipzig die Scherwellenanregung im Schurf zu einem industriereifen Verfahren entwickelt (PATZER & GRÄSSL 1968, 1969). Abb. 1 zeigt ein Scherwellenseismogramm aus dieser Zeit, registriert im Tagebau Schleenhain. Die mit A, B_z, B₂ und M bezeichneten Schwingungsphasen stellen S-Wellen-Reflexionen dar.

Auf fast 600 Profilkilometern ist dieses Verfahren dann für die Braunkohle-Erkundung vor allem im westelbischen Raum genutzt wurden. Die teilweise exzellenten und sehr hochauflösenden Ergebnisse bei oft gestörter Lagerung der

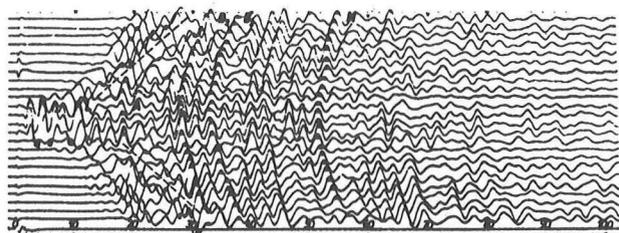


Abb. 1: Eines der ersten Scherwellenseismogramme im VEB Geophysik (nach PATZER & GRÄSSL 1968)

Flöze haben dazu beigetragen, daß die Nahseismik trotz aller bekannten Skepsis gegenüber der Geophysik in die Erkundungsprogramme für den Braunkohlebergbau aufgenommen wurde. Abb. 2 zeigt das Beispiel einer sehr überzeugenden kombinierten Flözerkundung durch Seismik und Bohraufschluß (GAERTNER et al. 1982). Das Wellenbild bringt die unveränderten und mit Hilfe der Bohrung erfaßten Mächtigkeiten von Oberbegleiter (OB), Zwischenschicht und Hauptflöz (HF) zum Ausdruck. Störung, Flexur und Einmuldung des Flözes werden deutlich abgebildet.

Ende der siebziger Jahre wurde der erwähnte Minivibrator DV 105 (Abb. 3) mit P-Wellenanregung erfolgreich in die nahseismische Braunkohlenerkundung eingeführt (FORKMANN et al. 1981). Mit dieser Quelle wurden ca. 1700 Profilkilometer nahseismisch vermessen. Der niedrige Stand in der Entwicklung der Elektronik - keine Korrelationsmöglichkeiten im Feld - war der Grund, daß später wieder zu einer Impulsanregung übergegangen wurde.

Grundlage für die Entwicklung einer hochauflösenden

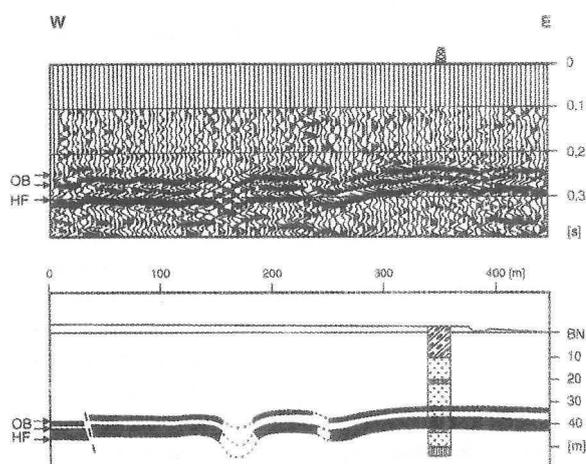


Abb. 2: Braunkohlenerkundung mit Scherwellen-Nahseismik



Abb. 3: Minivibrator DV 105

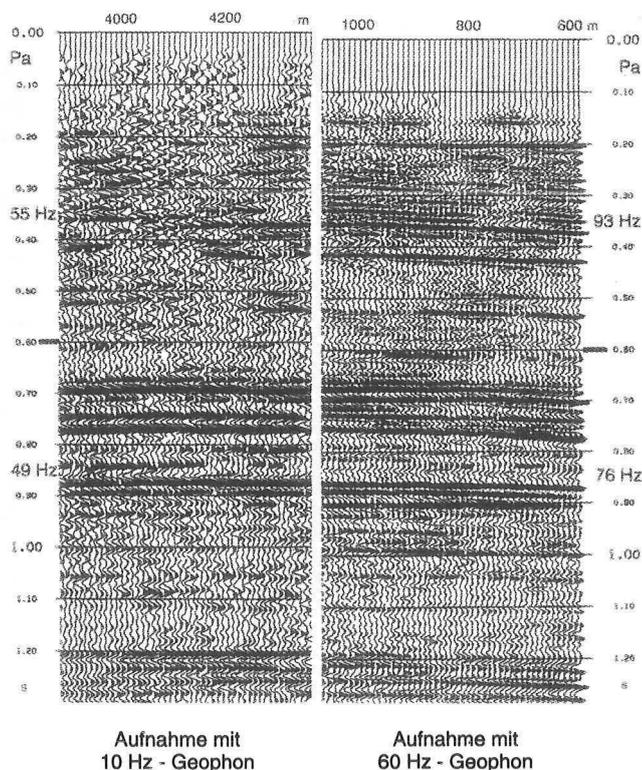


Abb. 4: Vergleich konventioneller und hochauflösender Seismik

Seismik waren umfangreiche Untersuchungen zum Einfluß verschiedener Komponenten des seismischen Kanals - von der Quelle bis zur Datenbearbeitung - auf Bandbreite und Auflösungsvermögen seismischer Daten. Dazu wurden u.a. aufwendige Testmessungen im Rahmen der internationalen Kooperation ausgeführt. Kernstück der hochauflösenden Seismik ist die Nutzung von Hochfrequenzgeophonen. Bei vergleichenden Messungen mit 10Hz-Geophonen zeigt sich das wesentlich höhere Auflösungsvermögen bei Aufnahme mit 60Hz-Geophonen (Abb. 4, Pa charakterisiert das Auflösungsvermögen nach WIDESS (1982) und bringt die Bandbreite zum Ausdruck). Ergebnisse erster hochauflösender Messungen zur Zechsteinerkundung in der DDR nach diversen Verfahren sind bei GAERTNER & SCHEIBE (1987) dargestellt.

Eine der erwähnten Forschungsrichtungen zur Gewinnung substantieller Informationen aus seismischen Daten war die Nutzung seismostratigraphischer Prinzipien bei ungünstigem Nutz-Stör-Verhältnis (PRÖHL et al. 1986, 1991). Ziel war die Gewinnung zusätzlicher Informationen für die Erkundung des Rotliegenden, das durch ungünstige Bedingungen (u.a. niedrige Reflexionskoeffizienten, geringe laterale Ausdehnung der reflektierenden Bereiche und das massive Auftreten von Störwellen) charakterisiert ist. Schritte bei der seismostratigraphischen Analyse waren die Bereitstellung und Bearbeitung aller relevanten Daten aus Bohrungen, Berechnung synthetischer Spuren und Sektionen, Gewinnung von Informationen aus Stapelsektionen (u.a. zum Wellenbild bzw. zur Dynamik des Wellenfeldes) und die Zusammenstellung aller Daten zu einem geologi-

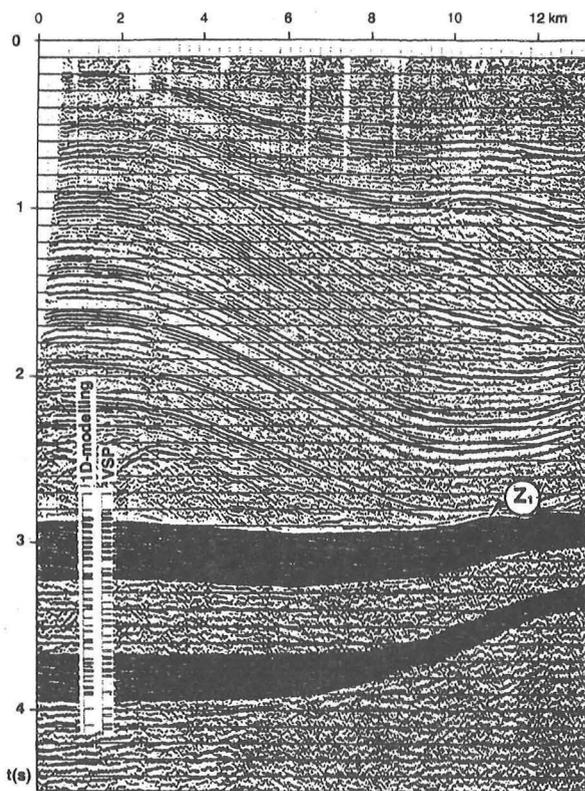


Abb. 5: Seismostratigraphische Untergliederung des Rotliegenden auf einem Regionalprofil

schen Modell. Für ein etwa 150 km langes Regionalprofil aus dem Zentralbereich des Norddeutschen Beckens erfolgte eine seismostratigraphische Untergliederung des Rotliegenden. Das Ergebnis ist für einen kleinen Ausschnitt in Abb. 5 dargestellt.

Unter dem Begriff 'Direktnachweis' versteht man das Bemühen, aus seismischen Meßergebnissen unmittelbar Informationen über einen Wechsel der Porenfüllung im Untergrund abzuleiten. Dieser Wechsel kann mit Änderungen petrophysikalischer Parameter verbunden sein (Geschwindigkeit, Absorption, Schallhärtekontraste an den Lagerstättengrenzen). Mit geeigneten Bearbeitungsverfahren können unter günstigen Voraussetzungen diese Änderungen erfaßt werden. In Abb. 6 ist für ein Profil, das eine Erdöllagerstätte in Norddeutschland quert, die Verteilung der niederfrequenten Spektralkomponenten, ermittelt aus der Stapelsektion, dargestellt. Man erkennt, daß diese Attribute die Position der Lagerstätte in diesem Fall sehr gut widerspiegeln. Weitere Informationen findet man bei PATZER et al. (1984), PRÖHL (1984), PRÖHL & Patzer (1986) und GAERTNER & PRÖHL (1993). Die Effektivität dieser Arbeitsrichtung ist von zahlreichen Einflußgrößen, u.a. den geologischen Bedingungen und vor allem der Datenqualität abhängig.

Die getroffene Auswahl von Beispielen zu Forschungsergebnissen bezieht sich auf die von den Autoren wesentlich mitgestalteten Arbeiten und gibt aus diesem Grund, abgesehen von der Beschränkung auf die Verfahrensforschung, nur einen begrenzten Überblick.

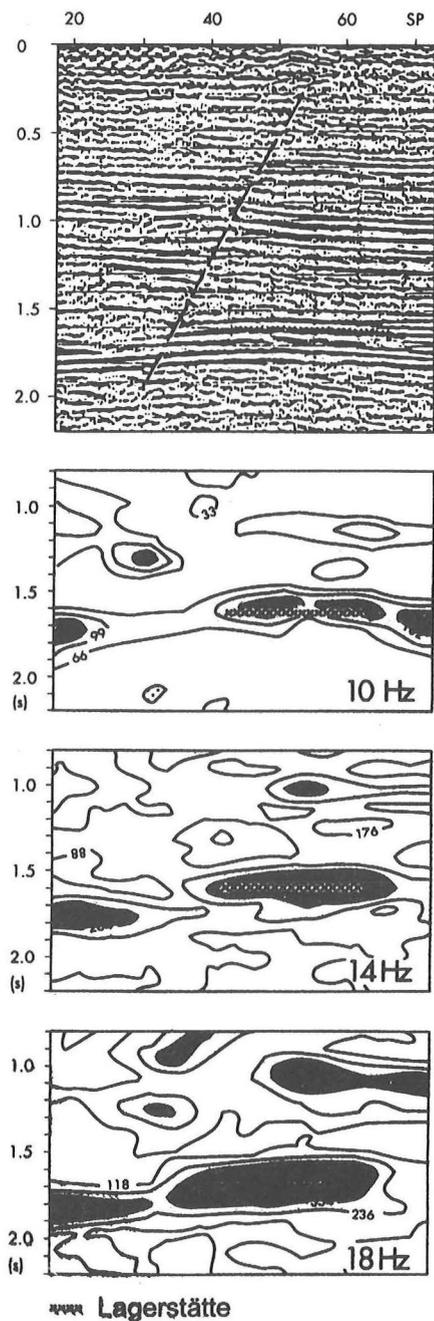


Abb. 6: Verteilung der niederfrequenten Komponenten des Amplitudenspektrums seismischer Wellen im Bereich einer Erdöllagerstätte

Literatur

- DEUBEL, K. (1968): Vertikalprofilierungen als Hilfsmittel der Erkundungsseismik. - Geophys. und Geol., Folge 13: 23-28.
- FORKMANN, B., SCHEIBE, R.-D. & SEITZ, R. (1981): Vibrationsseismik als nahseismisches Verfahren. - Zeitschr. angew. Geol. 27(10): 465-473; Berlin.
- GAERTNER, H., FORKMANN, B. & HARTMANN, B. (1982): Seismik in der Braunkohleerkundung. - Zeitschr. angew. Geol. 28(12): 586-592; Berlin.
- GAERTNER, H. & SCHEIBE, R.-D. (1987): Erste Ergebnisse der hochauflösenden Seismik im Zechstein der DDR. - (russ.); 32.

Internationales Geophysikalisches Symposium, Dresden 1987, Vortragsband I: 55-73.

GAERTNER, H., FESSER, K.-H., KÜSTERMANN, W., PRÖHL, S., WOLFF, H. & WRUCK, K. (1993): Reflexionsseismische Untersuchungen zur Erdöl- und Erdgaserkundung in Nordostdeutschland. - *Geophys. Transactions* **38**(2-3): 89-110; Budapest.

GAERTNER, H. & PRÖHL, S. (1993): Beispiele für die substantielle Interpretation reflexionsseismischer Daten. - Vortrag, 13. Miniproseminar Arnsberg-Neheim, 25.-28.05.1993, Referateband: 121-155.

KASCHIK, A. & MANUKOV, V.S. (1986): Grundlegende Wege und Perspektiven der Zusammenarbeit der RGW-Länder auf dem Gebiet der automatisierten Bearbeitung geophysikalischer Informationen (russ.). - in: Vortragsband 10 Jahre KOZ Interneftegeofizika, 11-23; Moskau.

PATZER, U. & GRÄSSL, S. (1968): Zwischenbericht zum Forschungsauftrag Geophysik für Braunkohlenerkundung; Leipzig (VEB Geophysik Leipzig, unveröffentlicht).

PATZER, U. & GRÄSSL, S. (1969): Reflexionsseismische Messungen mit Transversalwellen zur Erkundung der Lagerungsverhältnisse im Vorfeld eines Braunkohlentagebaus. - *Zeitschr. angew. Geol.* **15**(4): 196-201; Berlin.

PATZER, U., PRÖHL, S. & DANCKWARDT, E. (1984): Über die petrophysikalischen Ursachen von Anomalien seismischer Para-

meter in der Umgebung von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten (engl.). - *Proc. 25th Intern. Geophys. Sympos.*; Budapest.

PRÖHL, S. (1984): Änderungen spektraler Parameter seismischer Wellen im Bereich von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten (engl.). - *Geofiz. Közlemenyek* **30**(2), 201-211; Budapest.

PRÖHL, S. & PATZER, U. (1986): Komplexe Analyse der Dynamik des seismischen Wellenfeldes im Bereich von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten (russ.). - Vortragsband 10 Jahre KOZ Interneftegeofizika: 99-114; Moskau.

PRÖHL, S., PATZER, U., SCHÖBELC, H., TREIBMANN, K. & KÖNIG, H. (1986): Seismische Faziesanalyse bei ungünstigem Nutz/Stör-Verhältnis des Ausgangsmaterials. - *Zeitschr. angew. Geol.* **32**(12): 322-327; Berlin.

PRÖHL, S., PATZER, U. & FRICKE, D. (1991): Seismostratigraphische Interpretation bei ungünstigem Nutz/Stör-Verhältnis (engl.). - Postervortrag P-034, 3. EAPG-Tagung, Florenz.

PUZYREV, N.N. & BACHAREVSKAJA (1962): Einige Angaben zum Studium der Anregungsbedingungen von Transversalwellen (russ.). - *Trudy inst. geol. i geofiz.*, **16**: 182-200; Novosibirsk.

WIDESS, M.B. (1982): Quantifizierung des Auflösungsvermögens seismischer Systeme. - (engl.); *Geophysics* **47**(6): 1160-1173.

Die Aktivitäten deutscher geophysikalischer Institutionen in der Refraktionsseismik im Zeitraum von 1975 bis 1996, ein Überblick

Peter Giese & Claus Prodehl

Einleitung

Die Entwicklung der Krustenseismik und die Beiträge der Institute in der Bundesrepublik Deutschland zur Erforschung der Erdkruste bis Mitte der siebziger Jahre ist von SCHULZE (1974) und GIESE et al. (1976) beschrieben worden. Dieser Beitrag soll einen kurzen Überblick über die Entwicklung seit der Mitte der siebziger bis Mitte der neunziger Jahre geben. Auch wenn während dieses Zeitraumes der Einsatz der Steilwinkelseismik in der Krustenforschung stark zunahm, z.B. im Rahmen von DEKORP, wurden doch weiterhin zahlreiche und z.T. recht umfangreiche refraktionsseismische Projekte durchgeführt. Neben der Bearbeitung regionaler Fragestellungen standen auch methodische Entwicklungen der Weitwinkelseismik im Vordergrund des Interesses. Über die DEKORP-Aktivitäten wird in einem anderen Beitrag dieser Publikation berichtet. Auf die marinen Projekte der Krustenseismik wird hier nur eingegangen, wenn diese in Kombination mit landseismischen Messungen stattfanden.

Die deutschen Aktivitäten in der Krustenseismik in den letzten 20 Jahren sind u.a. dadurch geprägt, daß sie sich immer mehr auf das europäische und außereuropäische Ausland ausdehnten. Es versteht sich von selbst, daß derartige Projekte nur im Rahmen internationaler Kooperation realisiert werden können. Der Umfang der deutschen Beteiligung an krustenseismischen Messungen war in den letzten beiden Jahrzehnten so groß, daß es in dieser knappen Beschreibung nur möglich ist, einen Einblick in diese Aktivitäten zu geben.

Finanziell gefördert wurden die Projekte im wesentlichen durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen von Normalverfahren, Schwerpunktprogrammen und Sonderforschungsbereichen. Finanzielle Förderung erfuhren krustenseismische Messungen auch durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT, jetzt Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, BMBF). Auch die Europäische Gemeinschaft unterstützte im Rahmen verschiedener Projekte krustenseismische Programme in Europa.

Instrumentelle Basis für diese Messungen bildete bis Ende der achtziger Jahre die in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre entwickelte Registrierapparatur vom Typ MARS 66, die auch von anderen europäischen Instituten verwendet wurde (BERCKHEMER 1970). So war es möglich, für Groß-einsätze, z.B. beim EGT-Projekt, bis zu 160 einheitliche Apparaturen bereitzustellen. Seit Anfang der neunziger Jahre kommen digitale Apparaturen in größerem Umfang zum Einsatz. Das GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) konnte für den Gerätepool über 120 PDAS- bzw. RefTek-Stationen anschaffen, die nun für größere Projekte zur Verfügung stehen. Die große Anzahl einheitlicher Stationen erlaubt Beobachtungen mit einem dichten Stationsab-

stand und damit die Gewinnung von Datenmaterial hoher Qualität, so daß die Entwicklung und die Anwendung völlig neuer Interpretationsmethoden erforderlich wurde.

Refraktionsseismik im Rahmen gewissen-schaftlicher Großprojekte

In den sechziger Jahren wurden in allen Regionen Europas Refraktionsmessungen in großem Umfang mit dem Ziel durchgeführt, in einer ersten Übersicht die groben Strukturen der Erdkruste und des oberen Mantels zu erforschen. So hatte bereits Mitte der sechziger Jahre die Erforschung der Erdkruste in West- und auch Osteuropa einen hohen Stand erreicht (Literatur für Mitteleuropa: SCHULZE 1974, GIESE et al. 1976, BORMANN et al. 1989). Von Beginn der siebziger Jahre an konnte die Planung weiterer Messungen auf der Basis dieser Ergebnisse auf bestimmte Fragestellungen und Regionen ausgerichtet werden. Hier sind in erster Linie die folgenden Großprojekte zu nennen:

- Vertikalbewegungen und ihre Ursachen am Beispiel des Rheinischen Schildes,
- das Kontinentale Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB),
- Stoffbestand, Struktur und Entwicklung der kontinentalen Unterkruste,
- das Deutsche Reflexionsseismische Programm (DEKORP),
- Spannung und Spannungsumwandlung in der Lithosphäre,
- Deformationsprozesse in den Anden und
- Orogene Prozesse, ihre Quantifizierung und Simulation am Beispiel der Varisziden.

Von besonderer Bedeutung ist das Projekt "Europäische Geotraverse" (EGT) gewesen. Die Ergebnisse dieses großen internationalen und interdisziplinären Projektes wurden von Blundell et al. (1992) in einer umfassenden Monographie beschrieben.

Varisziden und Kaledoniden

Im Rheinischen Schiefergebirge wurde in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre ein umfangreiches refraktionsseismisches Untersuchungsprogramm durchgeführt (Abb. 1, RM). Die Krustenmächtigkeit ist hier mit 29 bis 30 km recht konstant (MECHIE et al. 1983). Die interne Krustenstruktur ist jedoch sehr komplex (MOONEY & PRODEHL 1978, GIESE et al. 1983). Umfangreiche ergänzende Messungen in Südwestdeutschland im Übergangsbereich von Rhenoherzynikum zu Saxothuringikum fanden 1982 statt (ENDERLE et al. 1996a). Den entscheidenden Durchbruch zum Verständnis der Struktur der Oberkruste im Rhenoherzynikum im Sinne von 'thin-skinned tectonics' brachten die DEKORP-Messungen in den achtziger Jahren (DEKORP RESEARCH GROUP 1990).

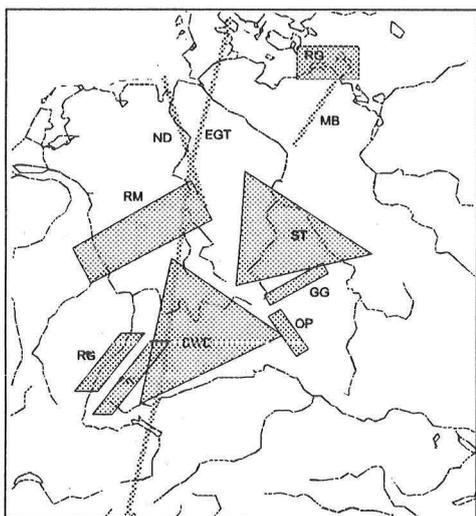


Abb. 1: Refraktionsseismische Projekte in Mitteleuropa; RG: Rügen, MB: Mecklenburg, ND: Norddeutschland, EGT: Europäische Geotraverse, RM: Rheinisches Massiv, ST: Sachsen und Thüringen, GG: Granulitgebirge, OP: Oberpfalz, SWD: Südwestdeutschland, RG: Rheingraben, SW: Schwarzwald.

Im Rahmen der KTB-Voruntersuchungen wurden in der ersten Hälfte der achtziger Jahre ausgedehnte reflexionsseismische und refraktionsseismische Messungen im Schwarzwald und der Oberpfalz durchgeführt (Abb. 1, SW, OP). Für die Oberpfalz ist die Entdeckung des anomalen Hochgeschwindigkeitskörpers von Erbendorf in etwa 12 km Tiefe als wichtigstes Ergebnis zu nennen (GEBRANDE et al. 1989). Das NW-SE verlaufende Weitwinkel-Profil durch die KTB-Lokation in einer neuen Interpretationstechnik zeigt Abb. 2 (SIMON et al. 1996). Im Schwarzwald konnte durch Vergleich der Steil- und Weitwinkelmessungen neue Erkenntnisse zur Feinstruktur der unteren Kruste gewonnen werden (GAJEWSKI & PRODEHL 1987, LÜSCHEN et al. 1989). Als Ergänzung dürfen die seismischen Messungen im süd- und südwestdeutschen Raum (Abb. 1, SWD) angesehen werden (GAJEWSKI et al. 1987).

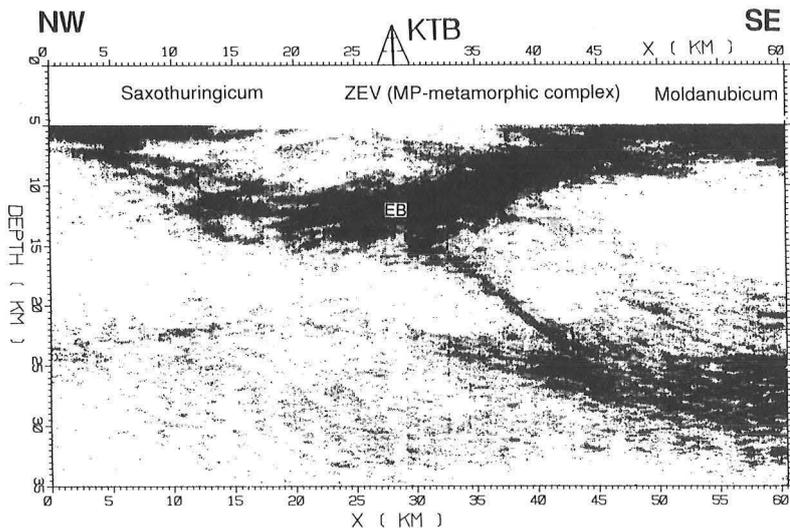


Abb. 2: Pre-stack-Migration von Weitwinkeldaten des Profils DEKORP 4. Erhöhte Reflektivität wird durch dunkle Grauwerte angezeigt. Als prominentes Ereignis ist auf den nach SE einfallenden Reflektor hinzuweisen, der die Tiefenfortsetzung der Fränkischen Überschiebung anzeigt (SIMON et al. 1996).

Gleichzeitig zu den Steilwinkelmessungen von DEKORP wurden in zahlreichen Profilabschnitten parallel laufende Weitwinkelmessungen mit dem Ziel durchgeführt, Geschwindigkeitsinformationen zu gewinnen.

Im Rahmen der EGT-Aktivitäten wurde im Jahre 1986 ein ca. 800 km langes N-S-Profil von Schleswig-Holstein bis zum Alpenrand mit insgesamt acht Sprengpunkten vermessen (Abb. 1, EGT; EUGEMI WORKING GROUP 1990, AICHROTH et al. 1992, ANSORGE et al. 1992). Auch wenn die groben Züge der Krustenstruktur Mitteleuropas durch vorangegangene Aktivitäten bereits bekannt waren, so zeigen die neuen Daten eine Reihe von Detailstrukturen in den verschiedenen Zonen des mitteleuropäischen Variszikums. So sind z.B. im Saxothuringikum zwei Zonen erhöhter Geschwindigkeit in 10 und 20 km Tiefe von tektonischer Bedeutung.

In der ehemaligen DDR wurden in Sachsen und Thüringen ebenfalls umfangreiche refraktionsseismische Messungen durchgeführt (Abb. 1, ST). Einen knappen Überblick über diese Aktivitäten und ihre Ergebnisse geben BORMANN et al. (1989), SCHULZE & BORMANN (1990) und SCHULZE & LÜCK 1992). Grundsätzlich ergibt sich ein ähnliches Bild der Krustenstruktur wie in den westlichen Bundesländern, die Krustenmächtigkeit variiert auch hier zwischen 28 und 32 km.

Innerhalb der Saxothuringischen Zone bildet das Granulitgebirge in Sachsen einen sog. 'Metamorphic Core Complex', d.h. ein Krustenfragment, das aus größerer Krustentiefe an die Erdoberfläche aufstieg. Im Jahr 1995 wurden hier Steil- und Weitwinkelmessungen durchgeführt, um insbesondere die oberflächennahen Strukturen zu erforschen (Abb. 1, GG). In den oberen 10 km konnten unter dem Granulitkomplex Andeutungen für erhöhte Geschwindigkeiten erkannt werden (ENDERLE et al. 1996b).

Die Nordeutsche Tiefebene wurde mit zwei großen Refraktionsprofilen überzogen. Das erste Profil wurde 1975/76 vermessen, das zweite wurde im Rahmen der EGT-Messungen im Jahre 1986 beobachtet (Abb. 1, ND, EGT). Trotz der großen Sedimentmächtigkeiten von bis zu 10 km

zeigt die Erdkruste keine entsprechende Verdickung, ihre Mächtigkeit beträgt auch hier nur 28 bis 30 km (EUGEMI WORKING GROUP 1990, AICHROTH et al. 1992, PRODEHL & AICHROTH 1992, REICHERT 1993). Im Umfeld von Rügen wurden 1994 und 1996 kombinierte See- und Landmessungen ausgeführt, um die Struktur der Trans-European Fault Zone zu untersuchen (Abb. 1, RG). Ein kombiniertes Steil- und Weitwinkelprofil wurde 1996 zwischen Rügen und der Elbe vermessen, um u.a. Detailinformationen über die tiefere Kruste und über das gravimetrische und magnetische Hoch von Pritzwalk zu gewinnen (Abb. 1, MB).

Das dichte Netz von Refraktionsprofilen in Mitteleuropa ermöglicht es, die Frage der Anisotropie des oberen Mantels zu stellen. Aus der Interpretation des sehr umfangreichen und einmaligen Materials der Pn-Einsätze aus süddeutschen Profilen resultiert für den obersten Mantel eine signifikante Anisotropie der Wellengeschwindigkeiten (ENDERLE et al. 1996a). Abb. 3 zeigt, die Verteilung und die Anisotropie der P-Wellengeschwindigkeit im obersten Mantel im Tiefenbereich zwischen 30 und 40 km. Aus der Achsenrichtung der größeren Geschwindigkeiten (N 31° E) lassen sich Hinweise auf mögliche Fließvorgänge im obersten Mantel ableiten (FUCHS 1983).

Zur Erforschung der Anisotropie des oberen Mantels wurde 1991 auf der Iberischen Halbinsel das spezielle ILIHA-Experiment durchgeführt (Abb. 4, SP). Mögliche Anisotropie-Effekte sind hier angedeutet (ILIHA DSS GROUP 1993).

Mit einem N-S-Profil (Abb. 4, UK), das von Schottland durch England bis zur Kanalküste verläuft, wurde der Krustenbereich vom Nordrand der Varisziden bis zu den Kaledoniden untersucht (BAMFORD et al. 1976, BAMFORD et al. 1979). Die Krustenstruktur der variszischen Front in SW-Irland wurde im Jahr 1996 im Rahmen des Projektes VARNET untersucht (Abb. 4, VA).

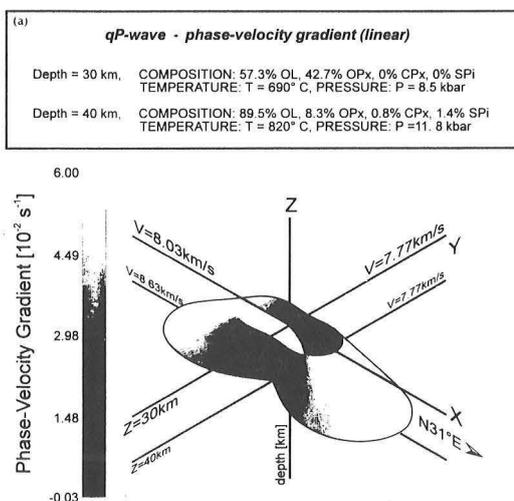


Abb. 3 Dreidimensionales Modell für die P-Wellengeschwindigkeit im obersten Mantel unter Süddeutschland im Tiefenbereich zwischen 30 und 40 km (ENDERLE et al. 1996a). Helles Grau zeigt einen großen Geschwindigkeitsgradienten an, dunkles Grau einen kleinen.

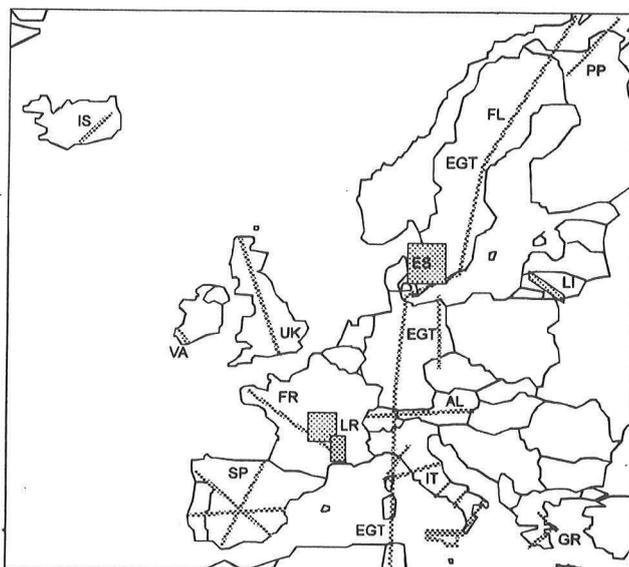


Abb. 4: Refraktionsseismische Projekte in Europa; PP: Polar Profil, FL: Fennolora, EGT: Europäische Geotraverse, ES: Eugeno-S, LI: Litauen, AL: Alpenlängsprofil, UK: Profil Großbritannien, IS: Island, VA: Variskische Front Irland, FR: Frankreich, LR: Limagne-Rhone Graben, SP: Spanien Anisotropie, IT: Italien Netz, GR: Griechenland.

Russische Tafel und Ural

Der Ural, der vor etwa 400 Mill. Jahren entstand, bildet die östliche Begrenzung der europäischen Plattform. Im Unterschied zu den etwa gleich alten variszischen Gebirgszonen in Westeuropa zeigt der Ural noch heute eine bis zu 60 km mächtige Gebirgswurzel bei schwacher Topographie. Diese und andere Fragestellungen waren der Anlaß, im Jahre 1995 durch den südlichen Ural im Rahmen einer internationalen Kooperation das kombiniertes Steil- und Weitwinkelprofil URSEIS zu realisieren. Einzelheiten der Krustenstruktur konnten erkannt werden, und die Existenz der variszischen Gebirgswurzel wurde bestätigt. Zur Überraschung konnte auch in 150 km Tiefe eine deutliche Reflexion registriert werden (Oncken, pers. Mittlg. 1996).

Bereits im Jahre 1991 fand im Woronesch-Massiv, 400 km südlich von Moskau, das deutsch-russisches Gemeinschaftsprojekt ASTRA statt (Abb. 4, AS), das u.a. das Problem der Anisotropie und des Scherwellen-Splitting in der tieferen Kruste und im obersten Mantel untersuchen sollte (LÜSCHEN 1992).

Baltischer Schild

Umfangreiche refraktionsseismische Messungen fanden auf dem Baltischen Schild statt. (Abb. 4). Rückgrat dieser Untersuchungen ist das FENNOLOGRA-Profil (FL), das im Jahre 1979 beobachtet wurde (GUGGISBERG et al. 1991). Ergänzungen fand dieses Profil im Norden durch das POLAR-Profil (PP) und im Süden durch das Profilnetz EUGENO-S (ES). Die Krustendicke nimmt von 35 km in Südschweden auf 50 km in Nordschweden zu. Auf Grund der guten Beobachtungsverhältnisse konnten auch Phasen aus dem obersten Mantel beobachtet werden. Bis 100 km

treten mehrere Zonen verringerter Geschwindigkeit auf, die zeigen, daß der oberste Mantel eine deutliche petrologische Strukturierung aufweisen muß.

Abb. 5. zeigt den Lithosphärenschnitt längs der EGT (Deckblatt des Buches von FREEMAN et al. 1990 nach Blundell), in dem im nördlichen Profilabschnitt die Strukturierung der Lithosphäre zu erkennen ist. Das FENNOLORA-Profil wurde nach Süden durch den Ostteil der damaligen DDR bis nach Böhmen verlängert.

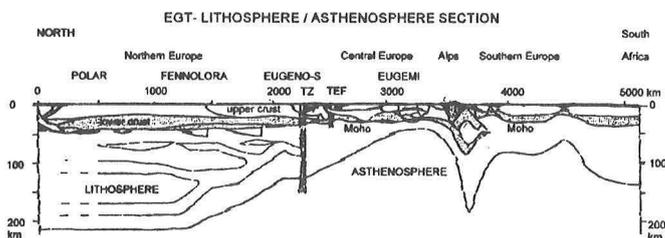


Abb. 5: Lithosphärenschnitt entlang der EGT (nach BLUNDELL in Freeman et al. 1990). Beachtenswert ist die mächtige Lithosphäre unter Nordeuropa, während diese unter Mitteleuropa extrem ausgedünnt ist.

Weitere refraktionsseismische Untersuchungen zur Struktur der Lithosphäre des Baltischen Schildes fanden in Litauen im Jahre 1995 im Rahmen einer Kooperation mit ost- und westeuropäischen Staaten statt, mit der Aufgabe, den Übergang vom Baltischen zum Ukrainischen Schild zu erforschen (Abb. 4, LI).

Die jungen Gebirge im Mittelmeerraum und den angrenzenden Regionen

In einer Folge internationaler Projekte wurden in einem Zeitraum von etwa 30 Jahren eine große Zahl von refraktionsseismischen Messungen in den Alpen und in weiteren mediterranen Orogenen einschließlich der angrenzenden Gebiete durchgeführt.

Nachdem in den sechziger Jahren eine Reihe von Querprofilen durch die Ost- und Westalpen beobachtet wurden, entstand der Plan, diese Einzelprofile durch ein Alpenlängsprofil zu verbinden. Dieses große W-E-Profil, von der Schweiz an den Rand der ungarischen Tiefebene verlaufend, wurde 1975 im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit beobachtet (Abb. 4, AL). Die Daten gaben nicht nur Aufschluß über Details der intrakrustalen Diskontinuitäten, sondern es war möglich, auch tiefere Phasen aus dem oberen Mantel zu registrieren und zu interpretieren (MILLER et al. 1982).

Das südliche Segment der EGT quert die Schweizer Alpen, die westliche Poebene, den Nordapennin, das Ligurische Meer, die Kontinentalfragmente Korsika und Sardinien, den Kanal zwischen Sardinien und Tunesien und endet südlich der Atlas-Ketten auf der Afrikanischen Plattform (Abb. 4, EGT). Somit überspannt dieser Abschnitt sehr unterschiedlich gebaute Einheiten mit extremen Variationen der Lithosphärenstrukturen.

Die EGT-Messungen verhalten, in Verbindung mit den Reflexionsprofilen durch die Schweiz, der Vorstellung zum Durchbruch, daß sowohl die Kruste der Alpen als auch die des Apennin extrem asymmetrisch aufgebaut sind (VALASEK et al. 1991, GIESE et al. 1992, HEITZMANN et al. 1991, PFIFFNER 1992). In den Südalpen ist die Kruste der Adria-Platte unter Subduktion des Penninischen Ozeans der europäischen Platte aufgeschoben worden. Die im Innenbogen der Westalpen entdeckte Überschiebungsstruktur setzt sich also nach Osten fort. Ein ähnliches Bild bietet sich im Nordapennin. Die Moho-Diskontinuität der Adria-Platte läßt sich von der Poebene abtauchend bis in 50 km Tiefe bis unter die Ligurische Küste verfolgen. Sie wird hier von der dünnen Kruste (20 bis 25 km) des ligurischen Bereiches überlagert und überschoben (Abb. 6).

Im Rahmen einer sehr engen und langjährigen Kooperation mit italienischen und auch französischen Institutionen wurde die Apennin-Halbinsel einschließlich Sizilien mit einem Netz refraktionsseismischer Profile überzogen (Abb. 4, IT, EGT). Die Messungen begannen 1968 auf Sizilien und erstreckten sich in den folgenden zwei Jahrzehnten bis in den Ligurischen Apennin.

Grundsätzlich zeigt sich längs des gesamten Apennins eine recht einheitliche Struktur, die aber im Detail von Region zu Region wechseln kann. Die Kruste des Vorlandes der Adriatischen Platte verdickt sich von 30 auf 40 bis 50 km in Richtung auf den Apennin. In den inneren Zonen des Apennin, also etwa entlang der Küste, geht die Krustenmächtigkeit sprunghaft auf 20 bis 25 km zurück. Bei günstigen Umständen läßt sich unter der dünnen Kruste eine zweite Kruste-Mantel-Grenze erkennen (GIESE 1984, GIESE et al. 1982).

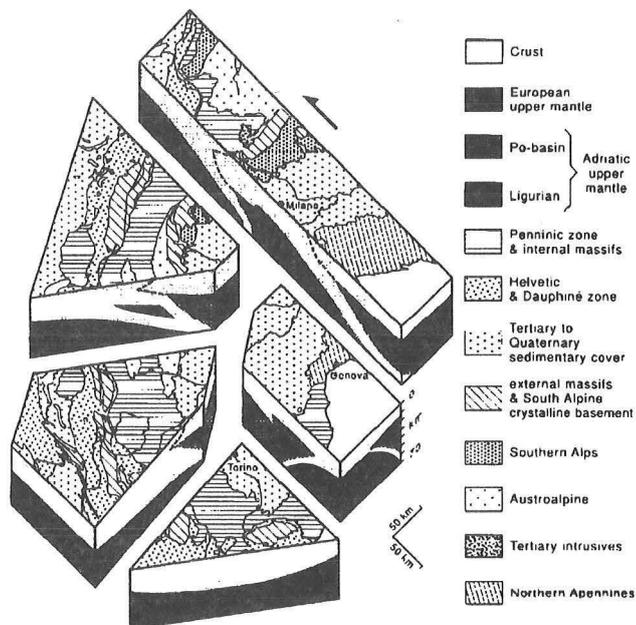


Abb. 6: Blockbild der Kollisionsstrukturen in den Westalpen und im Nordapennin (nach Bunes in ANSORGE et al. 1992). Man beachte die Überschiebungsstrukturen unter den Südalpen und unter dem Nordapennin.

Kreta, Attika und der Peloponnes waren Zielgebiete refraktionsseismischer Untersuchungen in den Helleniden (Abb. 4, GR). Auch in diesen Regionen zeigt sich in den zentralen Zonen eine Krustenverdickung auf 40 bis 50 km, während die internen Zonen eine deutlich verringerte Krustenmächtigkeit von 20 bis 25 km aufweisen (MAKRIS 1978).

Den an der Mittelmeerküste liegenden Rif- und Tell-Atlas sind, weiter südlich auf der Afrikanischen Platte liegend, der Mittlere und der Hohe Atlas vorgelagert. Es war das Ziel refraktionsseismischer Messungen Ende der siebziger und Mitte der achtziger Jahre, die Krustenstruktur dieser ungewöhnlichen Gebirgszüge zu untersuchen (Abb. 7, AT). Der Mittlere und der Hohe Atlas weisen Krustenmächtigkeiten von ca. 35 km auf. Lediglich unter dem Hohen Atlas konnte eine gewisse Verdickung der Erdkruste auf 39 km erkannt werden (WIGGER et al. 1992).

Im Jahre 1978 wurde die Krustenstruktur im östlichen Mittelmeer zwischen Zypern und der Nordküste des Sinai untersucht. Die Struktur Zyperns selbst ist durch die Obduktion ozeanischer Kruste charakterisiert (Abb. 7, ZS). Dennoch wird diese Kruste als kontinental angesprochen. Auch der Erathostenes Seamount wird von einem kontinentalen Fragment unterlagert. Dagegen existiert zwischen diesem Seamount und dem der Nordküste des Sinai ozeanische Kruste.

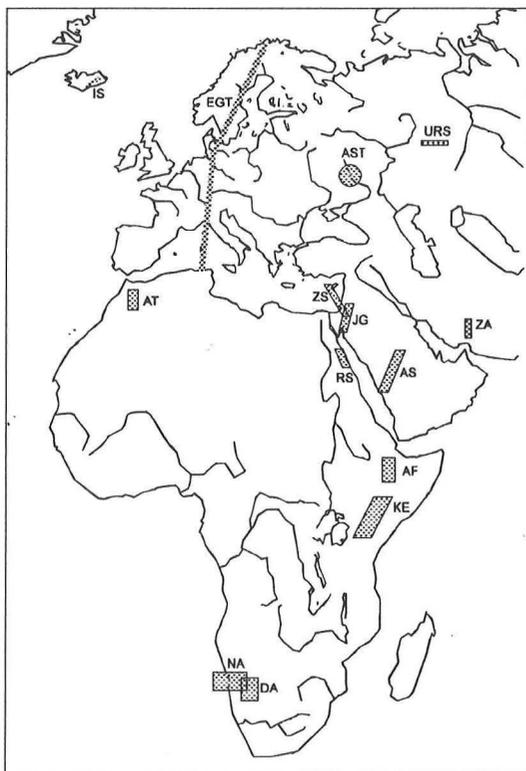


Abb. 7: Refraktionsseismische Projekte in Osteuropa, im Vorderen Orient und Afrika; EGT Europäische Geotraverse, IS: Island, URS: URSEIS, AST: ASTRA, AT: Atlas Gebirge, ZS: Zypern-Sinai, JG: Jordan-Graben, RS: Küste am Roten Meer, AS: Arabischer Schild, ZA: Zagros Gebirge, AF: Afar Senke, KE: Kenia, DA: Damara, NA: Namibia.

Im Jahre 1975 wurden refraktionsseismische Messungen im Zagrosgebirge im SW-Iran unter Ausnutzung von Minensprengungen durchgeführt (Abb. 7, CA). Als wesentliches Resultat ergab sich für die internen Zonen dieses Orogens eine Krustenmächtigkeit von nur 30 km. Die externe Zone des Zagrosgebirges mit seinem thrust- und fold-belt zeigt eine deutliche Krustenverdickung auf über 50 km. Der Sprung der Krustenmächtigkeit läßt sich mit der Zagros-Überschiebungzone korrelieren, die die internen *thick-skinned tectonics* von den externen *thin-skinned tectonics* trennt (GIESE et al. 1984).

Himalaya und Tibet

Im Rahmen einer internationalen Kooperation wurden Anfang der neunziger Jahre Steil- und Weitwinkelmessungen im Himalaya und in Tibet durchgeführt mit dem Ziel, die Natur der hier extrem verdickten Kruste zu erforschen. In etwa 35 km Tiefe konnte eine Grenzfläche erkannt werden, die als Überschiebungsbahn zweier Krusteneinheiten gedeutet wird. Etwa 75 km tief liegt die Basis der unterschobenen indischen Kruste (MECHIE et al. 1996).

Mittel- und Südamerika

Mittel- und Südamerika sind Regionen, in denen deutsche Geowissenschaftler seit vielen Jahrzehnten aktiv sind. Von besonderem Interesse sind hier die Kollisionsstrukturen zwischen ozeanischen Platten im Westen und kontinentalen Platten bzw. Fragmenten im Osten.

In den siebziger Jahre wurden in West-Kolumbien im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit refraktionsseismische Messungen mit dem Ziel durchgeführt, den Übergang zwischen der ozeanischen und der kontinentalen Kruste zu untersuchen (Abb. 8, CO). Unter der Küstenkordillere konnte die abtauchende ozeanische Lithosphäre nachgewiesen werden. Unter der Zentralkordillere beträgt die Krustenmächtigkeit 40 bis 45 km (MEIBNER et al. 1976).

Seit Mitte der achtziger Jahre wurden umfangreiche refraktionsseismische Messungen in den zentralen Anden durchgeführt (Abb. 8, CA). Genutzt wurden die zahlreichen Sprengungen in verschiedenen Kupferminen; zur Ergänzung des Netzes wurden aber auch eigene Bohrlochsprengungen und Seeschüsse verwendet. Heute überdeckt ein weitmaschiges Netz von Refraktionsprofilen den Bereich von der Pazifischen Küste bis zum Ostrand der Anden zwischen 21° und 24° S. Um den Übergang zur ozeanischen Nazca-Platte zu untersuchen, wurde 1995 das kombinierte See-Land-CINCA-Experiment mit Steil- und Weitwinkelmessungen durchgeführt (Abb. 8, CI). Ergänzt wurden diese Beobachtungen durch tomographische Studien der passiven Seismologie, die insbesondere die Oberfläche der abtauchenden Platte abbilden.

Die Krustendicke unter der Westkordillere und dem Altiplano beträgt wenigstens 70 km, es wurden aber auch überkritische Reflexionen aus etwa 90 km Tiefe registriert. Die extreme Verdickung der Erdkruste, die erst in den letzten 30 Mill. Jahren erfolgte, ist hinsichtlich der Entstehung im Fore- und Backarc unterschiedlich zu sehen. Die seismischen Messungen zeigen unter der Ostkordillere (Backarc)

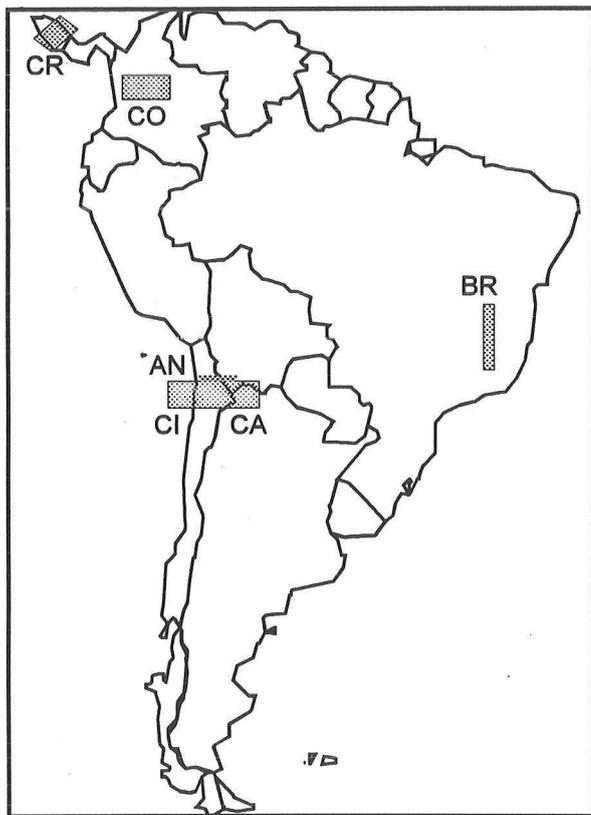


Abb. 8: Refraktionsseismische Projekte in Mittel- und Südamerika; CR: Costa Rica, CO: Kolumbien, BR: Brasilien, CA: zentrale Anden, CI: Cinca, AN: ANCORP.

eine sehr markante intrakrustale Diskontinuität, die in Verbindung mit tektonischen Überlegungen als Unterkruste einer überschobenen Krusteneinheit gedeutet wird. Das heißt, hier ist die Krustenverdickung durch tektonische Stapelung zu erklären. Ein ganz anderes Bild zeigen die seismischen Messungen im Forearc. Hier lief die tektonische und magmatische Entwicklung anders als im Backarc-Bereich ab. Die Krustenverdickung ist hier als underplating-Prozess zu sehen (WIGGER et al. 1991, 1994). Im Herbst 1996 wurde im Rahmen des DEKORP-2000 ein etwa 400 km langes kombiniertes Steil- und Weitwinkelprofil entlang 21° S von der Küste bis zum Ostrand des Altiplano beobachtet (ANCORP, Abb. 8, AN).

Im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit wurden im Jahre 1995 kombinierte onshore-offshore Messungen in Costa Rica durchgeführt (Abb. 8, CR). Es ist zu erwarten, daß hier die Kollisionsstrukturen anders ausgebildet sind als in den Anden.

Im Jahre 1975 wurde am Ostrand des Brasilianischen Schildes ein refraktionsseismisches S-N-Profil unter Ausnutzung der Sprengungen in der Eisenerzmine Itabira vermessen (Abb. 8, BR). Auch hier zeigt sich eine deutliche inverse Geschwindigkeitsstrukturierung, die darauf hinweist, daß auch schon im Präkambrium krustale Horizontaltektonik wirksam war. Die Krustenmächtigkeit am Ostrand des Brasilianischen Schildes beträgt 40 km (GIESE & SCHÜTTE 1975).

Südliches Afrika

Im Damara-Orogen in Namibia wurden im Jahre 1975 entlang dreier Profile refraktionsseismische Messungen durchgeführt (Abb. 7, DA). Es wurden Krustenmächtigkeiten bis zu 50 km gemessen. Auf dem Kalahari-Profil wurde sogar in 60 km Tiefe eine tiefe Moho-Diskontinuität gefunden, die als Relikt einer Gebirgswurzel angesehen wird (BAIER et al. 1983). Zur Erforschung dieses passiven Kontinentalrandes wurden im Jahr 1995 kombinierte See- und Landmessungen vor der Küste Namibias durchgeführt (Abb. 7, NA).

Kontinentale und ozeanische Riftzonen

Neben den Kollisionsstrukturen in jungen und alten Orogenzonen stand die Erforschung der Lithosphäre in Riftzonen mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien im Mittelpunkt des Interesses. Auch hier wurden wieder im Rahmen internationaler Zusammenarbeit zahlreiche Regionen untersucht. Ein ausgezeichnete Überblick findet sich in OLSEN (1995) mit den Beiträgen von PRODEHL et al. (1995).

In Mittel- und Westeuropa gibt es zwei ausgeprägte Grabensysteme: Der Rheingraben in SW-Deutschland (Abb. 1, RG) und das Rhône-Limagne-Graben-System in Zentral-Frankreich (Abb. 4, RL, FR). In beiden Regionen wurden in französisch-deutscher Kooperation umfangreiche seismische Messungen durchgeführt (PRODEHL et al. 1995).

Unter dem südlichen Rheingraben zeigt sich eine signifikante Krustenverdünnung auf 22 bis 24 km, die auf Konto der unteren Kruste geht (FUCHS et al. 1987). Im Limagne-Graben in Zentral-Frankreich und im südlichen Rhönegraben ist die Kruste von 30 km auf 25 km verdünnt.

Umfangreiche refraktionsseismische Messungen fanden im afro-arabischen Riftsystem statt (PRODEHL & MECHIE 1991). Der Jordan-Graben und der westliche Küstenbereich des Roten Meeres (Abb. 7, JG, RS) bilden die nördliche Untersuchungsregion (GINZBURG et al. 1979, EL-ISA et al. 1987). Im Zusammenhang mit diesen Messungen müssen auch die Untersuchungen auf dem Arabischen Schild und im Umfeld des Roten Meeres gesehen werden (MÉCHIE et al. 1986). Im Grabenbereich selbst ist die Kruste-Mantel-Grenze durch eine breite Übergangszone zwischen 26 und 34 km gekennzeichnet, unter den Grabenschultern wurde eine Krustenmächtigkeit von 40 km gemessen.

Die Afar-Senke in Äthiopien war das Untersuchungsobjekt refraktionsseismischer Messungen im Jahre 1972 (Abb. 7, AF). In der nördlichen Afar-Senke ist die Kruste signifikant auf 15 bis 20 km verdünnt, während die Mächtigkeit im südlichen Bereich 25 km beträgt. Die Geschwindigkeit im oberen Mantel ist deutlich auf etwa 7,5 km/s verringert (BERCKHEMER et al. 1975, MAKRIS & GINZBURG 1987).

Im Ostafrikanischen Grabensystem in Kenia (Abb. 7, KE) als typisches Beispiel einer kontinentalen Riftstruktur fanden in den achtziger und neunziger Jahren sehr umfangreiche Messungen unter Anwendung aktiver und passiver seismischer Methoden statt (PRODEHL et al. 1994, KRISP WORKING GROUP 1995). Unterhalb des Grabens zeigt sich eine signifikante Krustenverdünnung gegenüber den Gra-

benschultern. Im Norden beträgt die Krustenmächtigkeit nur 20 km, nach Süden nimmt sie längs der Grabenachse auf 35 km zu. Die Geschwindigkeit im oberen Mantel ist auch hier wieder deutlich auf 7,5 km/s reduziert.

Ein ozeanisches Riftsystem wurde im Jahre 1977 auf Island untersucht (Abb. 4, IS). In 10 bis 15 km Tiefe wird eine Geschwindigkeit von 7,0 km/s erreicht. Die Existenz einer kontinentalen Kruste wird ausgeschlossen. Eine Mantel-Geschwindigkeit wird ab 50 bis 60 km Tiefe vermutet (GEBRANDE et al. 1980). Seeseismische Messungen ergänzten diese Untersuchungen.

Methodische Entwicklungen

Die Entwicklungen der Computertechnik und der digitalen Datenerfassung haben auch in der Refraktions- und Weitwinkelseismik Eingang gefunden. Neue Methoden wurden für das Processing und die Interpretation der seismischen Daten erarbeitet. So wurden zwei- und dreidimensionale Raytracing-Programme entwickelt, die nicht nur Laufzeiten, sondern auch Amplituden modellieren können. Ebenso wurden Inversionsverfahren zur Interpretation von Wellenfeldern unter Einbeziehung von Streuungseffekten entwickelt. An dieser Stelle sei nur auf eine Entwicklung verwiesen, die von Gebrande und Mitarbeitern erarbeitet wurde und die sich als sehr erfolgreich für die Darstellung von Wellenfeldern aus Weitwinkelmessungen erwiesen hat (SIMON et al. 1996). Ein Beispiel dieses Verfahrens der "true-amplitude prestack method" zeigt die Abb. 2.

Abschließende Bemerkungen

Diese kurze Schilderung der deutschen Aktivitäten auf dem Gebiet der Refraktionsseismik sollte in erster Linie aufzeigen, welche Fragestellungen in welchen Regionen bearbeitet wurden. Es muß auch ganz klar gesagt werden, daß diese Erfolge nur im Rahmen einer engen und freundschaftlichen internationalen Kooperation möglich waren. Der Wettstreit zwischen Steil- und Weitwinkelseismik ist in der Weise beigelegt, daß heute soweit wie möglich beide Methoden in sich ergänzender Weise gemeinsam eingesetzt werden.

Literatur

AICHROTH, B., PRODEHL, C., & THYBO, H. (1992): Crustal structure along the central segment of the EGT. - in Freeman, R. & Mueller, St. (eds.): The European Geotraverse, Part 8. - Tectonophysics, **207**: 43-64.

ANSORGE, J., BLUNDELL, D. & MUELLER, St. (1992): Europe's Lithosphere - Seismic Structure. - in Blundell, D., Freeman, R. and Mueller, St. (eds.): A continent revealed: The European Geotraverse: 33-70; (Cambridge University Press).

BAIER, B., BERCKHEMER, H., GAJEWSKI, D., GREEN, R.W., GRIMSEL, Ch., & VEES, K., (1983): Deep seismic sounding in the area of the Damara-Orogen Namibia, South West Africa. - in Martin, H., Eder, F.W. (eds.): Intracontinental Fold Belts: 885-900; Berlin (Springer Verlag).

BAMFORD, D., FABER, S., JACOB, B., KAMINSKI, W., NUNN, K., PRODEHL, C., FUCHS, K., KING, R., & WILLMORE, P. (1976): A Lithospheric Seismic Profile in Britain: Preliminary Results. - Geophys. J. R. Astr. Soc. **44**: 145-160.

BAMFORD, D., JENTSCH, M., & PRODEHL, C., (1979): Pn anisotropy studies in northern Britain and the eastern and western United States. - Geophys. J. R. astr. Soc. **57**: 397-430.

BERCKHEMER, H. (1970): MARS 66 - Eine Magnetbandapparat für seismische Tiefensondierungen. - Zeitschr. für Geophys. **36**: 501-518.

BERCKHEMER, H., BAIER, B., BARTELSSEN, H., BEHLE, A., BURCKHARDT, H., GEBRANDE, H., MAKRIKIS, J., MENZEL, H., MILLER, H. & VEES, R. (1975): Deep seismic soundings in the Afar region and on the highland of Ethiopia. - in Pilger, A. & Rosler, A. (eds): Afar Depression of Ethiopia: 89-107; Stuttgart (Schweizerbart).

BLUNDELL, D., FREEMAN R. & MUELLER, St. (eds.) (1992): A continent revealed: The European Geotraverse. - 275 pp.; (Cambridge University Press).

BORMANN, P., BANKWITZ, P. & SCHULZE, A. (1989): Geophysikalische Ergebnisse und geologische Konsequenzen tiefenseismischer Untersuchungen in der DDR - Resultate auf der Grundlage der Zusammenarbeit zwischen Institutionen der AdW, des Hochschulwesens und der geologischen Industrie der DDR. - Freiburger Forschungshefte **C440**: 72-103.

DEKORP RESEARCH GROUP (1990): Crustal structure of the Rhenish Massif: results of deep seismic reflection lines DEKORP 2-N and 2-N-Q. - Geol. Rundschau **79**: 523-566.

EL-ISA, Z., MECHIE, J., PRODEHL, C., MAKRIKIS, J. & RIHM, R. (1987): A crustal structure study of Jordan derived from seismic refraction data. - Tectonophysics **138**: 235-253.

ENDERLE, U., MECHIE, J., SOBOLEV, S. & FUCHS, K. (1996a): Seismic anisotropy within the uppermost mantle of Southern Germany. - Geophys. J. Int. **125**: 747-767.

ENDERLE, U., SCHUSTER, K., PRODEHL, C., SCHULZE, A. & BRIBACH, J. (1996b): Das refraktionsseismische Experiment Granu 95 im östlichen Saxo-Thuringikum Südost-Deutschlands. - Orogene Prozesse, ihre Quantifizierung und Simulation am Beispiel der Varisziden, SPP-Koll. Gießen, 14.-15.3.96: Terra Nostra: 34-37.

EUGEMI WORKING GROUP (1990): The European Geotraverse seismic refraction experiment of 1986 from Genova, Italy, to Kiel, Germany. - Tectonophysics **176**: 43-57.

FREEMAN, R., GIESE, P., MUELLER, St. (eds.) (1990): The European Geotraverse: integrative studies. - Strasbourg (European Science Foundation).

FUCHS, K. (1983): Recently formed elastic anisotropy and petrological models for the continental subcrustal lithosphere in southern Germany. - Phys. Earth Planet. Int. **31**: 93-118.

FUCHS, K., BONJER, K.-P., GAJEWSKI, D., LUESCHEN, E., PRODEHL, C., SANDMEIER, K.-J., WENZEL, F. & WILHELM, H. (1987): Crustal evolution of the Rhinegraben area. Exploring the lower crust in the Rhinegraben rift by unified geophysical experiments. - Tectonophysics **141**: 261-275.

GAJEWSKI, D. & PRODEHL, C. (1987): Seismic refraction investigation of the Black Forest. - Tectonophysics **142**: 27-48.

GAJEWSKI, D., HOLBROOK, W.S. & PRODEHL, C. (1987): A three-dimensional crustal model of Southwest Germany derived from seismic refraction data. - Tectonophysics **142**: 49-70.

GEBRANDE, H., MILLER, H. & EINARSSON, P. (1980): Seismic structure of Iceland along the KRISP profile 1. - J. Geophys. **47**: 239.

GEBRANDE, H., BOPP, H., NEURIEDER, P. & Schmidt, T. (1989): Crustal Structure in the Surroundings of the KTB Drill Site as Derived from Refraction and Wide-Angle Seismic Observations. -

- in Emmermann, R. & Wohlenberg, J. (eds.): The German Continental Deep Drilling Program (KTB): 151-176; (Springer Verlag).
- GIESE, P. (1984): The crustal structure along the margin of the Adriatic microplate. - *Boll. di Ocean. Teor. ed Appl.* II 2: 141-149.
- GIESE, P. & SCHÜTTE, K.-G. (1975): Resultados das Medidas de Sismica de Refração a leste da Serra do Espinhaço. M G.. Brasil. - in *Nuevos Resultados de la Investigación Geocientífica Alemana en Latinoamérica*: 44-50; Bonn (DFG).
- GIESE, P., PRODEHL, C. & STEIN, A. (eds.) (1976): *Explosion Seismology in Central Europe*. - Berlin Heidelberg New York (Springer Verlag).
- GIESE, P., REUTTER, K.-J., JACOBSHAGEN, V. & NICOLICH, R. (1982): Explosion-seismic crustal studies in the Alpine Mediterranean region and their implications to tectonic processes. - in Berckhemer, H., Hsü, K. (eds.): *Alpine-Mediterranean Geodynamics*. - Amer. Geophys. Union Geodyn. Ser. 7: 39-74; Washington, D.C.
- GIESE, P., JÖDICKE, H., PRODEHL, C. & WEBER, K. (1983): The Crustal Structure of the Hercynian Mountain System - A model for crustal thickening by stacking. - in Martin, H. & Eder, W. (eds.): *Intracontinental Fold Belt*: 405-426; Berlin (Springer Verlag).
- GIESE, P., MAKRIS, J., AKASHE, B., RÖWER, P., LETZ, H. & MOSTAANPOUR, M. (1984): The Crustal Structure in Southern Iran Derived from Seismic Explosion Data. - *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* I 168 (2/3): 230-243.
- GIESE, P., ROEDER, D. & SCANDONE, P. (1992): The fragmented Adriatic microplate: evolution of the Southern Alps, the Po basin and the northern Apennines. - in Blundell, D., Freeman, R. and Mueller, St. (eds.): *A continent revealed: The European Geotraverse*: 190-198; (Cambridge University Press).
- GINZBURG, A., MAKRIS, J., FUCHS, K., PRODEHL, C., KAMINSKI, W. & AMITAL, U. (1979): A seismic study of the crust and upper mantle of the Jordan Dead Sea Rift and their transition toward the Mediterranean Sea. - *J. Geophys. Res.* 84: 1569-1582.
- GUGGISBERG, B., KAMINSKI, W. & PRODEHL, C. (1991): Crustal structure of the Fennoscandian Shield: a travel time interpretation of the long-range FENNOLOGRA seismic refraction profile. - *Tectonophysics* 195: 105-137.
- HEITZMANN, P., FREI, W., LEHNER, P., & VALASEK, P. (1991): Crustal indentation in the Alps - an overview of reflection seismic profiling in Switzerland. *Continental lithosphere: deep seismic reflections*. - *Geodynamics* 22: 161-175.
- LIHA DSS GROUP (1993): A deep seismic sounding investigation on lithospheric heterogeneity and anisotropy beneath the Iberian Peninsula. - in Badal, J., Gallart, J. & Paulssen H. (eds.): *Seismic studies of the Iberian Peninsula*; *Tectonophysics* 221: 35-51.
- KRISP WORKING GROUP (1995): Group takes a fresh look at the lithosphere underneath southern Kenya. - *EOS* 76: 81-82.
- LÜSCHEN, E., WENZEL, F., SANDMEIER, K.-J., HENGES, D., RÜHL, Tb., STILLER, H., JANOTH, W., KELLER, F., SÖLLNER, W., THOMAS, B., KROHE, A., STENGER, R., FUCHS, K., WILHELM, H. & EISBACHER, G. (1989): Near-Vertical and Wide-Angle Seismic Surveys in the Schwarzwald. - in Emmermann, R. and Wohlenberg, J. (eds.): *The German Continental Deep Drilling Program (KTB)*: 297-263 (Springer Verlag).
- LÜSCHEN, E. (1992): ASTRA 1991: Erstes seismisches Feldexperiment in russisch-deutscher Zusammenarbeit. - *DGG Mittlg.* 3: 24-39.
- MAKRIS, J. (1978): Geophysical Study of Greece Based Deep Seismic Soundings, Gravity, and Magnetics. - in Closs, H., Roeder, D. & Schmidt, K. (eds.): *Alps, Apennines, Hellenides*: 392-400; Stuttgart (Schweizerbarth).
- MAKRIS, J. (1983): Seismic investigations of the northern part of the Red Sea. - DFG Report: 9.
- MAKRIS, J. & GINZBURG, A. (1987): The Afar depression: transition between continental rifting and sea-floor spreading. - *Tectonophysics* 141: 199-214.
- MECHIE, J., PRODEHL, C. & FUCHS, K. (1983): The long-range seismic refraction experiment in the Rhenish Massif. - in Fuchs, K., von Gehlen, K., Mälzer, H., Murawski, H. & Semmel, A. (eds.): *Plateau uplift - the Rhenish Massif - a case history*: 260-275; Berlin Heidelberg (Springer Verlag).
- MECHIE, J., PRODEHL, C. & KOPTSCHALITSCH, G. (1986): Ray path interpretation of the crustal structure beneath Saudi Arabia. - *Tectonophysics* 131: 33-352.
- MECHIE, J., WENZEL, F., MEISSNER, R., STEENTOFFT, H., HUSEN, S., BRAUNER, H.-J., ZHAO, W., GUO, J., JIANG, D., FRISCH, W., HAUFF, S.-F. & RATSCHBACHER, L. (1996): The Indus-Yarlung Suture, Southern Tibet - A crustal section based on wide-angle seismic measurements. - *Geowissenschaften* 15: 317-319.
- MEISSNER, R., FLÜH, E.R., STIHANE, F. & BERG, E. (1976): Dynamics of the active plate boundary in southwest Colombia according to recent geophysical measurements. - *Tectonophysics*, 35: 115-136.
- MILLER, H., MUELLER, St. & PERRIER, G. (1982): Structure and Dynamics of the Alps: A Geophysical Inventory. - in Berckhemer, H. and Hsü, K.: *Alpine-Mediterranean Geodynamics*. - Amer. Geophys. Union Geodynamics series Vol. 7: 175- 204; Washington D.C.
- MOONEY, W.C. & PRODEHL, C. (1978): Crustal structure of the Rhenish Massif and adjacent areas; a reinterpretation of existing seismic-refraction data. - *J. Geophys* 44: 573-601.
- Olsen, K.H., (ed.) (1995): *Continental Rifts: Evolution, Structure, Tectonics*: - *Developments in Geotectonics* 25: 466; (Elsevier).
- PFIFFNER, A. (1992): Alpine orogeny. - in Blundell, D., Freeman, R. & Mueller, St. (eds.) (1992): *A continent revealed: The European Geotraverse*: 180-189; (Cambridge University Press).
- PRODEHL, C. & MECHIE, J. (1991): Crustal thinning in relationship to the evolution of the Afro-Arabian rift system - a review of seismic-refraction data. - in Makris, J., Mohr, P. & Rihm, R. (eds.): *Red Sea: Birth and early history of a new oceanic basin*. - *Tectonophysics* 198: 311-327.
- PRODEHL, C. & AICHROTH, B. (1992): Seismic investigations along the European Geotraverse in Central Europe. - in Kern, H. & Gueguen, Y. (eds.): *Structure and composition of the lower continental crust*. - *Terra Nova* 4: 14-24.
- PRODEHL, C., KELLER, G.R. & KHAN, M.A. (eds.) (1994): *Crustal and upper mantle structure on the Kenya rift*. - *Tectonophysics*; 483 pp.
- PRODEHL, C., MUELLER, St. & Haak, V. (1995): The European Cenozoic Rift System. - in Olsen, K.H. (ed.): *Continental Rifts: Evolution, Structure, Tectonics*: - *Developments in Geotectonics* 25: 133-212; (Elsevier).
- REICHERT, J.C. (1993): Ein geophysikalischer Beitrag zur Erkundung der Tiefenstruktur des Nordwestdeutschen Beckens längs des refraktionsseismischen Profils Norddeutschland 1975-1976. - *Geol. Jahrb. Reihe E* 50: 1-86.
- SCHULZE, A. & BORMANN, P. (1990): Deep seismic sounding in eastern Germany. - in Freeman, R., Giese, P. & Mueller, St.

(eds): The European Geotraverse: integrative studies: 109-114; Strasbourg (European Science Foundation).

SCHULZE, A. & LÜCK, E. (1992): Some results of deep seismic sounding investigations in the GDR. - *Phys. Earth Planet. Inter.* **69**: 231-238.

SCHULZE, G.A., (1974): Anfänge der Krustenseismik. - in Birett, H., Helbig, I.K., Kertz, W., Schmucker, U. (eds.) (1974): *Zur Geschichte der Geophysik*: 89-98; Berlin Heidelberg New York: (Springer Verlag).

SIMON, M., GEBRANDE, H. & BOPP, M. (1996): Pre-stack Migration and True-Amplitude Processing of DEKOKP Near-Normal Incidence and Wide-angle Reflection Measurements. - *Tectonophysics* (under press).

VALASEK, P., MUELLER, St., FREI, W., & HOLLIGER, K. (1991): Results of NFP 20 seismic reflection profiling along the Alpine section of the European Geotraverse (EGT). - *Geophys. J. Int.* **105**: 85-102.

WIGGER, P., ASCH, G., GIESE, P., HEINSOHN, W.-D., EL ALAMI, S.O. & RAMDANI, F. (1992): Crustal Structure along a traverse across the Middle and High Atlas mountains derived from seismic refraction studies. - *Geol. Rundsch.* **81** (1): 237-248.

WIGGER, P.J., ARANEDA, M., GIESE, P., HEINSOHN, W.-D., RÖWER, P., SCHMITZ, M. & VIRAMONTE, J. (1991): The crustal structure along the Central Andean Transect derived from seismic refraction investigations. - in Omarini, R. & Götze, H.-J. (eds.): *Central Andean Transect, Nazca Plate to Chaco Plains, southwestern Pacific, northern Chile and northern Argentina. Global Geoscience Transect 8*, co-published by Inter Union Commission on the Lithosphere and American Geophysical Union: 13-19.

WIGGER, P., SCHMITZ, M., ARANEDA, M., ASCH, G., BALDZUHN, S., GIESE, P., HEINSOHN, W.-D., MARTINEZ, E., RICALDI, E., RÖWER, P. & VIRARNONTE, J. (1994): Variation of the crustal structure of the southern Central Andes deduced from seismic refraction investigations. - in Reutter, K.-J., Scheuber, E., Wigger, P. (eds.): *Tectonics of the Southern Central Andes*: 23-48; New York (Springer Verlag).

Überwachung nichttektonischer Erderschütterungen in Mittel-/Ostdeutschland mit lokalen seismischen Stationen

Horst Neunhöfer

Einleitung

Die Gründerzeit der seismologischen Observatorien in Deutschland begann in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts und setzte sich bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges fort. Das Schwergewicht der Aktivitäten bestand darin, tektonische Erdbeben aus der ganzen Welt zu registrieren und zu interpretieren. Da sich damals in Deutschland gerade eine Epoche von relativ hoher seismischer Aktivität ereignete, wurde das Augenmerk zusätzlich auf lokale Erdbeben gelenkt. An Stationen in der Nähe von produzierendem Bergbau wurden schon gebirgsschlagähnliche Erschütterungen registriert.

Sehr frühzeitig erkannten die Seismologen, daß zur besseren Untersuchung lokaler seismischer Erscheinungen auch lokale seismische Stationen notwendig sind. Einer Einführung dieser Erkenntnis in die Praxis stand die Tatsache entgegen, daß die damaligen Seismographen für Observatorien bestimmt, meistens recht schwer, wartungsintensiv und nicht transportabel waren. Die im folgenden beschriebene Verwirklichung an der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena bzw. in ihren Nachfolgeeinrichtungen umfaßt ein etwa vier Jahrzehnte währendes Zeitfenster. Der Fortschritt bestand darin, daß man mit transportablen Seismographen die Observatorien verlassen und an Ort und Stelle, also über und unter Tage in Bergbaubetriebe oder in Karstgebiete gegangen ist. Die Arbeiten zu dieser Thematik liefen aus, als es durch Anwendung elektronischer Mittel möglich wurde, autonome lokale Beobachtungsnetze einzurichten. Die beschriebenen Untersuchungen wenden seismologische Methoden auf lokale, mehr ingenieurtechnische Probleme an, was von Bergbaubetrieben und geologischen Ämtern gern angenommen wurde. Sie liegen also

jenseits der 'großen' Seismologie, aber diesseits der Prospektionsseismik.

Die Konzentration seismologischer Forschungen in Jena war ein guter Nährboden für solche Untersuchungen. 1938 wurden von Gerhard Krumbach (1895-1956) mit Erfolg Testmessungen im Kupferschieferrevier von Eisleben begonnen. Nach dem 2. Weltkrieg wurde der Faden 'Gebirgsschlagforschung' bereits 1946 von Krumbach, Wilhelm Sponheuer (1905-1981) und Hans Martin (1899-1990) wieder aufgenommen und zu einem Standbein des Instituts für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena entwickelt. Lokale Außenstationen zur Überwachung von nichttektonischen Erschütterungen wurden erstmals wieder 1954 unter der Regie von Friedrich Gerecke (1899-1981) eingesetzt, der auch in der Folgezeit die wissenschaftliche Bearbeitung übernahm. 1960 begann sich Horst Neunhöfer in diesen Themenkreis einzuarbeiten, um ihn 1964 nach der Pensionierung von Gerecke weiterzuführen. Bei der technischen Wartung half bis 1962 D. Adler, sie wurde danach durch A. Ziegert übernommen. Ein Wechsel in der Leitung des Instituts im Jahre 1966 führte dazu, daß die Förderung für dieses Arbeitsgebiet nachließ, zumal zwischen dem neuen Direktor und der Leitung des Freiburger Instituts für Angewandte Geophysik abgesprochen wurde, Arbeiten dazu in Jena zugunsten von Freiberg auslaufen zu lassen. Als nach dem sehr schweren Gebirgsschlag in Sünna 1975 in der damaligen DDR Gebirgsschläge politische Dimensionen bekamen, wurde die Zentrale des Zentralinstituts für Physik der Erde, von dem das Jenaer Institut seit 1969 ein Teil war, alleiniger Sprecher in Sachen Gebirgsschlagforschung. Die ehemaligen Bearbeiter aus Jena waren nur noch für einzelne 'Überhangprobleme' tätig. Eine Anpassung an aufkommende neue Techniken der Überwa-

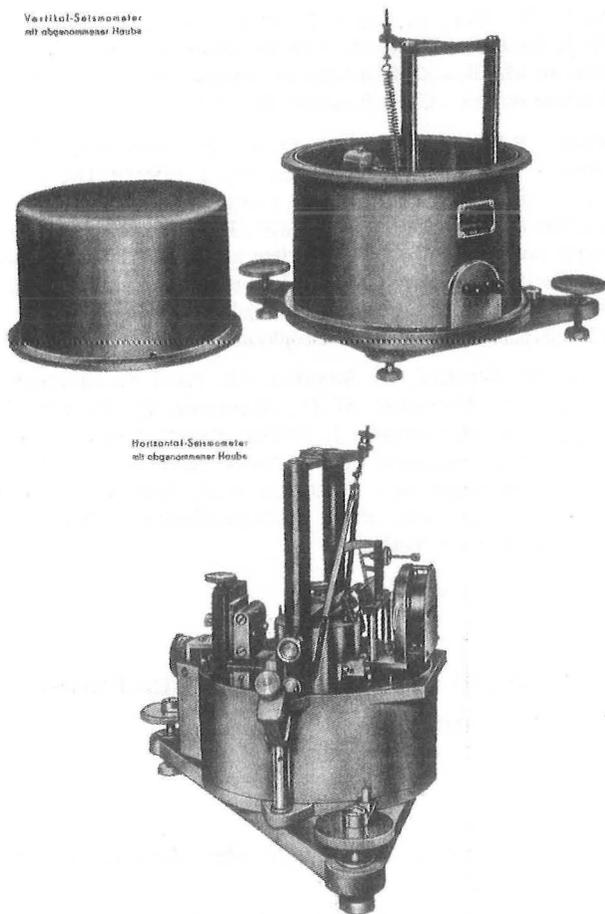


Abb. 1: Horizontaler und vertikaler Nahbebenseismograph von Krumbach, gebaut im VEB Geräte- und Regler-Werk Teltow, Geogeräte Brieselang

chung oder gar an eine digitale Aufzeichnung war so nicht möglich.

Instrumentelle Voraussetzungen

Nichttektonische seismische Ereignisse sind im allgemeinen relativ schwach und oberflächennah. Deshalb können sie nur im Epizentralgebiet selbst überwacht werden, indem dort Stationen aufgebaut werden, die aber im Vergleich zu den Observatorien von niedriger Ordnung sind. MAINKA (1938) hatte schon sehr früh ein Netz von sechs Stationen im Oberschlesischen Steinkohlenrevier errichtet, um damit Gebirgsschläge aufzuzeichnen. Er arbeitete mit fest installierten Seismographen, die eine recht große Masse (ca. 1000 kg) besaßen und nicht transportabel waren. Die Überlegungen von KRUMBACH (1939) gingen dahin, Seismographen zu entwickeln und einzusetzen, die nur eine kleine Masse brauchten. Neben der Eigenschaft, den Aufstellungsort einfach wechseln zu können, sollten sie "die möglichst unverfälschte Wiedergabe der Bodenbewegung erlauben, keine schädlichen Eigenschwingungen des Instrumentes und seiner Hebel aufweisen, unempfindlich gegen Beschädigung bei starken Erdstößen sein, eine leichte Bedienbarkeit durch wenig geschulte Beobachter garantieren." Als erste Version entstand ein optisch registrierender Horizontalseismograph mit 25facher Vergröße-

rung (KRUMBACH 1939). Durch Einführung zweifacher Reflexion des Lichtstrahles wurde die Vergrößerung auf 100fach erhöht. In dieser Form waren die Krumbachschen Instrumente vor und während des 2. Weltkrieges im Einsatz. Die Vergrößerung von 100fach erwies sich jedoch als zu gering, so daß noch eine mechanische Komponente eingebaut wurde, um eine 2000fache Vergrößerung zu ermöglichen. Dieser Typ mit einer trägen Masse von 4 kg, ergänzt durch einen Vertikalseismographen mit elektrodynamischer Registrierung wurde am Anfang der 50er Jahre im VEB Geophysikalischer Gerätebau Brieselang in einer Kleinserie gebaut. Die Seismographen werden in Abb. 1 gezeigt.

Die Krumbachschen Seismographen hatten einige schwerwiegende Nachteile. So registrierten Horizontal- und Vertikalkomponenten nach unterschiedlichen physikalischen Prinzipien mit verschiedenen Vergrößerungskurven und, was an den wenig komfortablen temporären Stationen oftmals besonders störte, die Horizontalseismographen waren stark neigungsempfindlich. Deshalb wurde die Entwicklung der kurzperiodischen Seismographen HSJ II und VSJ II durch Christian Teupser (1928-1991) besonders gern angenommen, zumal die auf dem elektrodynamischen Prinzip registrierenden Instrumente durch eine geeignete Wahl der Seismometer- und Galvanometerkonstanten auf zu erwartende seismische Signale angepaßt werden konnten (TEUPSER 1971). Leider konnten diese Seismographen erst bei den letzten Projekten der hier beschriebenen Untersuchungen eingesetzt werden.

Die verschiedenen Beobachtungsgebiete, Ergebnisse

Über mehr als 40 Jahre wurden vom Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung bzw. seinen Nachfolgeeinrichtungen eine Vielzahl von kleinen temporären Stationen eingerichtet, um nichttektonische lokale Erschütterungen zu beobachten. Im einzelnen wurden die relativ häufigen Gebirgsschläge im Kupferschieferbergbau des Mansfelder und Sangerhäuser Reviers sowie die Vorgänge im Zusammenhang mit der Flutung der Mansfelder Schächte überwacht. Besonders intensiv waren die Untersuchungen in Senkungsgebieten westlich von Halle/Saale. Es waren Stationen im Salzbergbau des Südharnes und im Werra-Kali-Revier tätig. Die Flutung von Salzschächten, u.a. bei Bernburg und Staßfurt, wurde erfolgreich überwacht. Nur als ganz kurze Episode ist die Station im Steinkohlenbergbau des Zwickau-Oelsnitzer Reviers zu betrachten. In Abb. 2 kann an Hand einer Kartenskizze die Lage aller jemals in Mittel-/Ostdeutschland betriebenen Stationen eingesehen werden. Die Koordinaten der Stationen, die Zeit ihrer Tätigkeit, die Anzahl der zum lokalen Untersuchungsgebiet gehörenden Stationen und die Vergrößerung der Aufzeichnungen können der Tabelle 1 entnommen werden.

Der erste Einsatz der gerade neu entwickelten Krumbachschen Horizontalseismographen erfolgte zu Testzwecken 1938 in Eisleben. Dieser Ort wurde sicherlich deshalb ausgewählt, weil dort ziemlich oft von der Bevölkerung Erschütterungen gespürt wurden, die vom örtlichen Kupferschieferbergbau ausgingen. Der Test war, was die Eigenschaft der Seismographen anbelangt, ein Erfolg. Er brachte

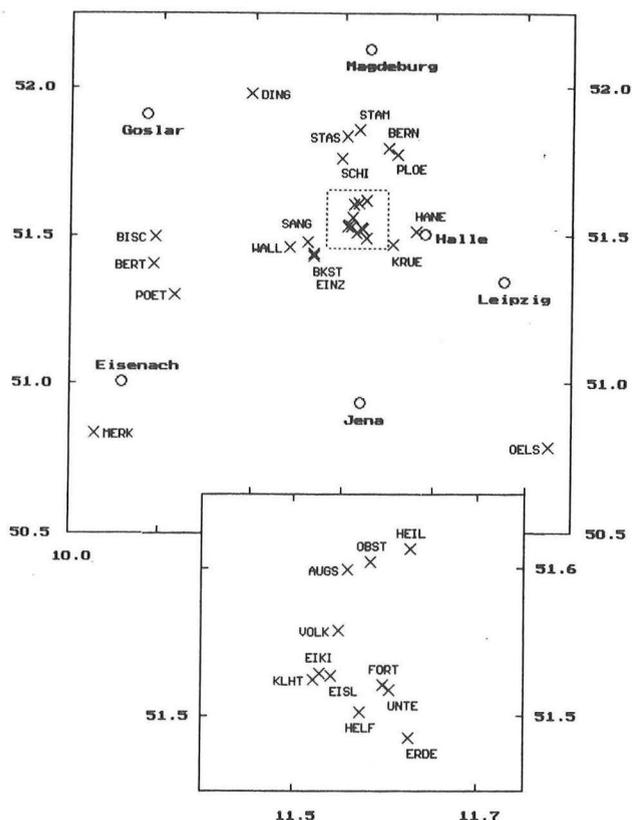


Abb. 2: Karte aller zeitweiligen seismischen Stationen, die in Bergbau- und Karstgebieten betrieben worden sind. Als Stationskürzel wurden die ersten vier Buchstaben der Ortsnamen in Tab. 1 verwendet. Ausnahmen sind BERT = Bernterode, BKST = Bernhard-Koenen-Schacht, EIKI = Eisleben/Kindergarten, HANE = Halle-Neustadt, KLHT = Karl-Liebkecht-Hütte, STAM = Staßfurt/Mitte.

auch andere, für die damalige Zeit nicht unbedingt triviale Ergebnisse. Zunächst überraschte, daß trotz der geringen 100fachen Vergrößerung, aber wegen der geringen Herdtiefe noch Ereignisse unterhalb der makroseismischen Wahrnehmung aufgezeichnet wurden. Nicht weniger interessant war die Beobachtung, daß etwa 15% der makroseismisch 'wahrgenommenen' Ereignisse nicht instrumentell bestätigt werden konnte. Dieses Faktum weist auf eine auch heute noch geltende Unsicherheit bei der Beurteilung makroseismischer Angaben im Grenzbereich der Spürbarkeit hin. Schließlich erhielten die frühen Beobachtungen in Eisleben eine besondere Bedeutung, da sie einen sehr schweren Gebirgsschlag, der sich am 24. Mai 1940 mit der Magnitude 4,7 im nur 17 km entfernten Krügershall ereignete, und seine Vor- und Nachläufer einschlossen. Sie waren ein wesentlicher Bestandteil des dazu 1940 erarbeiteten Gutachtens von August Sieberg (1875-1945). Die Wiederaufnahme der seismischen Überwachung im Kupferschieferrevier von Eisleben erfolgte nach einer Unterbrechung von 18 Jahren erst im Juni 1958. Sie stand zunächst unter einem unglücklichen Stern. Kurz nachdem drei Stationen unter Tage installiert worden waren, erfolgte am 17. Sep.

1958 ein katastrophaler Wassereintrich, bei dem die Stationen durch Überflutung verloren gingen. Das war ein wichtiger Grund, weshalb von einer Ausnahme abgesehen in diesem Bergbau nur noch übertägige Stationen betrieben wurden. Eine der Stationen (in Augsdorf) begleitete den Bergbau um Eisleben bis zu seinem Ende, andere (Otto-Brosowski-Schacht, Heiligenthal) waren nur temporär tätig. Letzteres trifft auch auf die Stationen im benachbarten Sangerhäuser Revier (Bernhard-Koenen-Schacht, Einzigen, Sangerhausen, Wallhausen) zu. Die wesentliche Erkenntnis aus dem Kupferschieferbergbau war, daß zwei Arten von Gebirgsschütterungen auftraten:

- solche, die im Zusammenhang zum Abbau stehen und die mit Zeitverzögerung dem Abbaurhythmus folgen, und
- jene, die auf (bergbaubedingte) hydrologische Vorgänge zurückzuführen sind.

Die erste Gruppe besteht vorwiegend aus einzelnen Ereignissen, während die zweite sich bevorzugt in Schwärmen konzentriert. Es war also möglich, allein aus der zeitlichen Abfolge Hinweise auf die Ursache der Erschütterungen zu geben. Im Jahre 1972 wurde der Kupferschieferbergbau um Eisleben eingestellt und die vom Bergbau geschaffenen Hohlräume wurden geflutet. Dieser Vorgang wurde an verschiedenen Standorten seismisch überwacht. Rein prophylaktischen Charakter hatte dies nur im Fortschrittsschacht, die anderen beiden Standorte in Eisleben und der Karl-Liebkecht-Hütte waren nötig, weil plötzlich kleinräumig sehr starke Senkungen in einem Wohngebiet bzw. einer Buntmetallhütte auftraten. Der zweite Fall ist besonders hervorzuheben, weil dabei erstmalig, mit Erfolg die Prognose von großen Erdfällen aus der Abfolge der auftretenden Erschütterungen gelang.

In der Nähe zum Kupferschieferbergbau liegen in bzw. bei den Ortschaften Erdeborn, Helfta, Unterrißdorf und Volkstedt Senkungsgebiete, die ebenfalls seismisch überwacht worden sind. Sie erregten zunächst die Aufmerksamkeit der Bevölkerung und staatlicher Stellen, weil teilweise sich in Trichtern ausbildende kleinräumige Senkungen beobachtet wurden, die im Extremum größer als 100 cm/Jahr betragen und z.T. beträchtliche Schäden an Gebäuden verursachten. Die Senkungen sind nicht als direkte Folge des Bergbaus

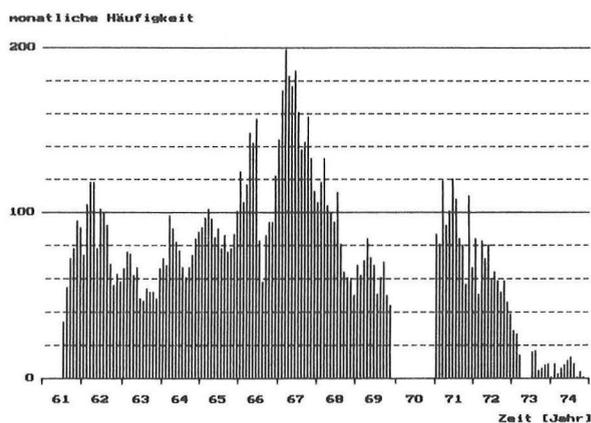


Abb. 3: Monatliche Häufigkeit registrierter lokaler Erschütterungen in Helfta

Tabelle 1

Zusammenstellung der lokalen seismischen Stationen in Bergbau- und Karstgebieten, die von Jena aus betrieben wurden; N - Anzahl der Stationen, V - Vergrößerung.

Lokalität	Koordinaten	Registrierzeit	N	V
<i>Kupferschieferbergbau</i>				
Eisleben	51,527/11,542	13.07.1938 - 30.06.1940	1	100
Augsdorf	51,599/11,560	20.01.1960 - 10.04.1976	1	1800
Otto-Brosowski-Schacht	51,604/11,585	12.06.1958 - 04.07.1961	3/1	700
Heiligenthal	51,613/11,629	04.07.1961 - 04.05.1964	1	1250
Bernhard-Koenen-Schacht	51,44 /11,34	18.03.1965 - 24.10.1968	1	2000
Einzingen	51,435/11,335	04.05.1964 - 18.04.1972	1	2000
Sangerhausen	51,473/11,300	05.04.1963 - 22.12.1970	1	800
Wallhausen	51,458/11,198	26.11.1974 - 28.08.1983	1	1650
<i>Kupferschieferbergbau, Flutung</i>				
Eisleben, Kindergarten	51,529/11,530	14.03.1975 - 29.05.1980	1	800
Fortschrittschacht	51,521/11,600	26.04.1972 - 09.10.1974	1	800
Karl-Liebknecht-Hütte	51,525/11,522	26.04.1976 - 16.08.1977	1	900
<i>Salzbergbau</i>				
Bernterode	51,398/10,459	Anf. 1940 - Ende 1943	2	100
Krügershall	51,466/11,775	28.05.1940 - 30.07.1940	2	100
Bischofferode	51,493/10,471	02.08.1956 - 20.03.1969	1	2000
Pöthen	51,295/10,576	30.09.1957 - 01.11.1969	2	1000
Merkers	50,829/10,144	10.07.1958 - 31.12.1980	1	2000
<i>Flutung von Salzbergwerken</i>				
Staßfurt	51,829/11,515	17.07.1973 - 28.01.1980	2	2000
Dingelstedt	51,973/10,981	05.09.1972 - 31.12.1976	1	1300
Plömnitz	51,766/11,797	25.05.1972 - 27.11.1975	1	1900
Schierstedt	51,755/11,488	19.03.1971 - 05.09.1972	2	1200
Bernburg	51,788/11,750	20.11.1969 - 02.08.1971	3	800
<i>Steinkohlebergbau</i>				
Oelsnitz	50,784/12,630	22.04.1941 - 15.09.1941	1	120
<i>Senkungsgebiete</i>				
Erdeborn	51,458/11,626	30.10.1954 - 25.10.1968	3	800
Helfta	51,503/11,574	18.07.1961 - 11.03.1975	2	800
Volkstedt	51,558/11,552	27.04.1972 - 14.11.1974	1	5000
Unterrißdorf	51,518/11,606	11.11.1971 - 12.07.1973	1	1650
Halle-Neustadt	51,509/11,900	27.01.1970 - 23.09.1973	1	1250
Staßfurt-Mitte	51,851/11,584	10.02.1975 - 23.05.1989	1	5500

erklärbar. Sie sind auf die unterirdische Auslaugung von Salz- und Gips-schichten zurückzuführen, welche allerdings durch eine Förderung der Wasserzirkulation infolge der bergbaulichen Tätigkeit verstärkt wird. Das bestätigte sich im nachhinein, als nach der Verwahrung des Bergbau auch entsprechende Vorgänge aufhörten. Die Senkungen waren begleitet von Erschütterungen, die auch makroseismische Stärke hatten. Bedingt durch den Aufbau des Untergrundes wurde die lokale Magnitude 1,5 erreicht. Die analoge Registriertechnik erlaubte eine Dynamik des erfaßten Magnitudenbereichs von 1,7 Einheiten. Abb. 3 zeigt als ein Ergebnis der Untersuchungen die beobachteten monatlichen Erschütterungshäufigkeiten in Helfta für die gesamte Beobachtungszeit. Die Beobachtungen verfolgten zwei Ziele:

- eine Korrelation zwischen den Senkungen und der Stärke bzw. Häufigkeit der Erschütterungen herzustellen und
- die subjektiven Beobachtungen der Bevölkerung zu objektivieren.

Ein wichtiges Ergebnis der seismischen Überwachung war, daß auf Grund der zeitlichen Abfolge der Ereignisse das Auftreten eines großen Erdbebens ausgeschlossen werden konnte und das Ende des Vorganges angezeigt wurde. In Ermangelung ausreichender tektonischer Erdbeben wurden die auslaugungsbedingten lokalen Erschütterungen als

Modell für Intraplattenbeben betrachtet, zumal eine kontinuierliche Spannungsentstehung angenommen werden durfte. Das ist der Ausgangsgedanke einer Arbeit von NEUNHÖFER (1967), der statistisch signifikant nachwies, daß sekundäre Kräfte in geringem Umfang die Zeit der Ereignisse steuern können. Andere Überwachungen, wie in Staßfurt-Mitte und Halle-Neustadt, wo es lediglich um prophylaktische Registrierungen ging, konnten nachweisen, daß dort keine akute Gefährdung durch Auslaugung vorhanden war.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß ziemlich am Anfang der Arbeiten für eine kurze Zeit Beobachtungen im Steinkohle-revier von Zwickau-Oelsnitz durchgeführt wurden. Sie dienten der Objektivierung von makroseismischen Beobachtungen der Bevölkerung und zur Einschätzung der Ursachen von Gebäudeschäden. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Untersuchungen dort nicht wieder aufgenommen, weil der Bergbau sehr bald eingestellt wurde.

Die bisher beschriebenen Gebiete zeichneten sich meistens dadurch aus, daß eine große Zahl von Erschütterungen, auch makroseismisch wahrnehmbare, beobachtet wurden. Das war ganz anders in den verschiedenen Salzbergwerken des Südharz- und Werra-Reviere. Die erste Untersuchung im Umkreis einer Salzgrube wurde während des Zweiten

Weltkrieges in Bernterode durchgeführt. Sie sollten gebirgsmechanische Beobachtungen in einem Teil der Grube unterstützen, der zu Bruch zu gehen drohte. Der Aufbau je einer seismischen Station über und unter Tage sollte es möglich machen, auf Grund der Amplitude auf die Tiefe der Herde zu schließen. Die Ergebnisse waren widersprüchlich. Zeiten, in denen kaum Erschütterungen registriert wurden, aber trotzdem der Verfall der Grubenbaue fortschritt, wechselten sich ab mit Zeiten, zu denen vorwiegend unter Tage relativ langperiodische Erschütterungen aufgezeichnet wurden. Wegen der unbefriedigenden Chancen für eine Ortung der Ereignisse wurde der Vorschlag gemacht, ein Netz von vier Stationen mit einem gemeinsamen Zeitdienst zu installieren, was jedoch nicht realisiert wurde.

Am 24. Mai 1940 ereignete sich der schon erwähnte starke Gebirgsschlag in Krügershall. Unmittelbar danach war die seismische Überwachung der Abklingerscheinungen gefragt. Auch hier wurde je eine Station über und unter Tage aufgestellt und mit ihnen weitere schwache Nachstöße dokumentiert. Ihre Hypozentren wurden sowohl dem von der Zerstörung betroffenen Abbauen als auch dem Hangenden zugeordnet. Schon nach wenigen Wochen klangen die Nachstöße ab. Vor allem von Bergleuten, und das nicht nur in diesem Fall, wurde oftmals die fromme Vermutung ausgesprochen, daß Erdbeben zumindest ein auslösendes Moment für Gebirgsschläge seien. Schon damals wurde dem von Sieberg energisch widersprochen.

Im Jahre 1957 wurde die Praxis, je eine Station über und unter Tage aufzubauen, im Kalischacht in Pöthen zum letzten Male aufgegriffen. Dort wurde ebenfalls, wie später in Bischofferode und Merkers, festgestellt, daß schwache Gebirgsschläge in den ostdeutschen Kaligruben seltene Ereignisse sind (s. GERECKE & NEUNHÖFER, 1964). Das schließt nicht aus, daß abhängig von der Lagerstätte und den Abbauverfahren ziemlich überraschend sehr starke katastrophale Gebirgsschläge auftreten können. Besonders betroffen davon war das Werra-Kali-Revier. Die detaillierte

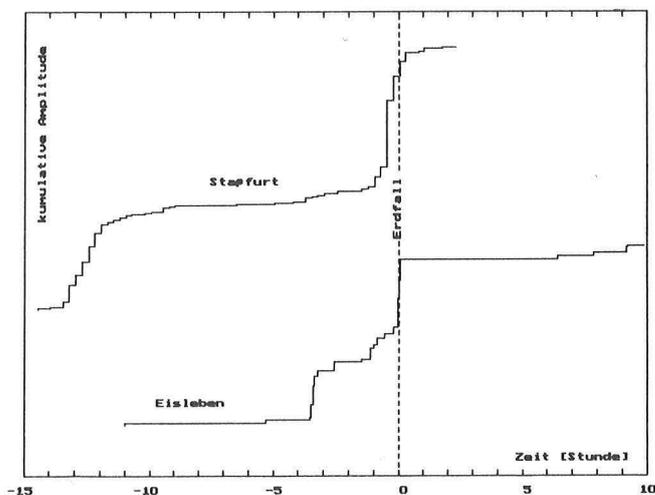


Abb. 4: Kumulative Erschütterungsamplitude kurz vor großen Erdfällen für die Beispiele Staßfurt und Eisleben (Karl-Liebknecht-Hütte). Die Zeit ist auf das jeweilige Ereignis normiert.

Betrachtung der starken Ereignisse liegt außerhalb der vorliegenden Ausführungen. Die geringe Häufigkeit kleiner Gebirgsschläge gab schließlich den Anlaß, ihre seismische Überwachung einzustellen.

Eine andere Problematik trat auf, als Kalibergwerke stillgelegt und geflutet wurden. Die dabei auftretenden großräumigen Auslaugungen können nicht bis in jedes Detail so gesteuert werden, daß übertägige Schäden auszuschließen sind. Da unter Tage die Möglichkeit zur Inspektion fehlt, ist die seismische Überwachung von großer Bedeutung. Sie wurde von den Bergleuten vor Ort und den Bergbehörden gefordert. An mehreren Standorten ist deshalb eine Überwachung der Flutung erfolgt, und es wurden interessante Erkenntnisse gewonnen. So konnte gezeigt werden, daß in kleinen Gruben, wie z.B. bei Dingelstedt am Harz, die Flutung durchaus ohne Komplikation ablaufen kann. In einem zweiten Fall, in Großschieferstedt, führte die Schwächung des Grubenbaus infolge Flutung zu einem relativ starken Gebirgsschlag. Seine Entstehung mit einigen Vorstößen und seine sehr vielen Nachstößen wurden registriert. Es konnte gezeigt werden, daß ihr Abklingen auch das Omori-Gesetz erfüllt. Eine Trennung zwischen den Nachwirkungen des starken Schlages und anderen durch die Flutung hervorgerufenen Erschütterungen ist statistisch möglich. Die Flutung der Schächte um Bernburg und um Staßfurt wurde von einem anderen dramatischen Ereignis begleitet. Vom 7. zum 8. Nov. 1969 bzw. am 18. Febr. 1975 ging jeweils auf freiem Felde ein gewaltiger Tagesbruch nieder, dessen Durchmesser 100 m überstieg. Im Falle Bernburg war das Anlaß, mit Hilfe dreier Stationen das Auftreten von Erschütterungen zu überwachen. In Staßfurt wurde rechtzeitig mit den seismischen Registrierungen begonnen und der Vorgang des niedergehenden Tagesbruches wurde erfaßt. Das Ergebnis zeigt Abb. 4. Die aufsummierte Amplitude zeigt, daß vor dem eigentlichen Bruch die Amplitudensumme (und auch die Anzahl) der Erschütterungen eskaliert und danach sich wieder normalisiert. Dieser Ablauf enthält die Möglichkeit, einen solchen Vorgang, der katastrophale Auswirkungen haben kann, kurzzeitig zu prognostizieren. Tatsächlich wurde in einem anderen Gebiet, und zwar im Bereich der Karl-Liebknecht-Hütte, das ebenfalls durch Flutungen gefährdet war, eine Reihe von Kriterien erarbeitet, die erfolgreich starke Bruchvorgänge vorhersagte. Die Kriterien gelten dann, wenn eine genügend feste tragende Schicht vorhanden ist, die vor einem Tagesbruch oder einen starken Erdfall noch zerstört werden muß.

Literatur

- GERECKE, F. (1958): Untersuchungen im Senkungsgebiet Erdeborn. - Freiburger Forschungshefte C 45: 13-15.
- GERECKE, F. & NEUNHÖFER, H. (1964): Beobachtung natürlicher Bodenerschütterungen im Gebiet des Südhartzkalibergbaus und der Mansfelder Mulde. - Abh. der Dt. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Bergbau, Hüttenwesen und Montangeologie 2: 399-405.
- KRUMBACH, G. (1939): Über ein Stationsseismometer für optische Registrierung. - Zeitschr. f. Geophys. 15: 17-24.
- KRUMBACH, G., SPONHEUER, W. & MARTIN, H. (1946): Beiträge zur Gebirgsschlagforschung. - Dt. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Zentralinst. für Erdbebenforschung: Jena (unveröffentlicht).

MAINKA, C. (1938): Ein Jahrzehnt geophysikalische Gebirgsschlagforschung. - Umschau 42: 634-637.

NEUNHÖFER, H. (1967): Statistische Gesetzmäßigkeiten der zeitlichen Verteilung sowie des Energie-Häufigkeits-Zusammenhanges von Gebirgsschlägen und die Möglichkeit einer statistischen Gebirgsschlagprognose. - Veröff. Inst. für Geodynamik Jena 11: Berlin (Akademie Verlag).

NEUNHÖFER H. & WEIDERMANN, V. (1981): Seismische Überwachung von Bergbaugebieten dargestellt am Beispiel der Mansfelder Mulde. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde 64: 138-143; Potsdam.

SEISMISCHE APPARATUR zur Aufzeichnung von Fern- und Nahbeben. - Prospekt VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, Werk 2 Geogeräte Brieselang.

SIEBERG, A. (1940): Gutachten zum Gebirgsschlag Krügershall. - Reichsanstalt für Erdbebenforschung: Jena (unveröffentlicht).

TEUPSER, Ch. (1971): Die kurzperiodischen Seismographen Typ VSJ-II und HSJ-II. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde 12: Potsdam.

Zur Geschichte der Beobachtung von Erdbeben aus dem Vogtland

Horst Neunhöfer

Dem Auftreten von Erdbeben im Vogtland kommt, wie wir heute wissen, im Vergleich zu anderen Gebieten in Deutschland eine besondere Aufmerksamkeit zu. Dafür sind vor allem zwei Ursachen verantwortlich: die zeitliche Aufeinanderfolge, die oft die Form von Erdbebenschwämen bevorzugt, und die räumliche Anordnung, welche zeigt, daß das Vogtland ein nahezu in sich abgeschlossenes Herdgebiet ist, umgeben von nur schwacher seismischer Aktivität. Diese Besonderheiten weckten schon seit mehreren Hundert Jahren das Interesse an der Beobachtung dieser Erdbeben und heute für deren Erforschung.

Im Ablauf der Zeit regten besonders markante Wahrnehmungen die Beschäftigung mit den vogtländischen Erdbeben an. Sie führten 1875 zur Einrichtung eines organisierten makroseismischen Beobachtungsnetzes, 1962 zur Installation der lokalen mikroseismischen Überwachung und 1985 zur Intensivierung der instrumentellen Beobachtungen. Fortschritte in der Entwicklung von Seismographen und der Registriertechnik erreichten das Vogtland immer sehr rasch. Am Anfang gestatteten sie, makroseismische Wahrnehmungen zu kontrollieren und zu ergänzen, und heute, nach Einführung der digitalen Registrierung und dem Einsatz von Computern, ist die präzise Ortung der Erdbebenherde und die Bestimmung der Vorgänge im Herd vorrangig. Die intensive Beschäftigung mit den Erdbeben im Vogtland ging meist von einem Ort aus. Vor dem Ersten Weltkrieg war es unter Hermann Credner (1841-1913) Leipzig, nach dem Zweiten Weltkrieg, zunächst im Verständnis einer wissenschaftlichen Fortsetzung der Reichsanstalt für Erdbebenforschung, war es Jena, und seit Mitte der achtziger Jahre überwiegt die nationale und internationale Kooperation zwischen Einrichtungen in Bayern, Sachsen, Thüringen und Tschechien.

Frühe makroseismische Beobachtungen

Die älteste bislang bekannte Erwähnung eines Erdbebens aus dem Vogtland stammt aus dem Jahre 1523 (s. JACOBI 1885). Über lange Zeit hinweg war die Überlieferung von makroseismischen Beobachtungen ziemlich zufällig und wahrscheinlich vor allem auf starke Ereignisse beschränkt. Veranlaßt durch die starke, aktuelle seismische Aktivität beschrieb KNETT (1899) den Hartenberger Erdbeben-

schwarm von 1824. Das Verdienst, erstmalig in systematischer Weise aktuelle Beobachtungen gesammelt und ausgewertet zu haben, gebührt Hermann Credner. Durch Zeitungsaufrufe verschaffte er sich für das Beben vom 23. Nov. 1875 umfangreiches makroseismisches Material. Das Jahr 1875 kann als Beginn eines sächsischen Erdbebenendienstes angesehen werden. Credner gewann im Laufe der Zeit bis zu 52 Erdbebeninspektoren, Personen vorwiegend mit gehobenem Bildungsstand und zumindest lokaler Reputation, die ehrenamtlich tätig waren und jeweils aus bestimmten Gebieten Meldungen über makroseismische Wahrnehmungen sammelten und weiterleiteten. Diese lockere Organisationsform bewährte sich, als zwischen 1897 und 1908 vorwiegend konzentriert auf drei starke Schwärme 1897, 1903 und 1908 mehrere Tausend Erdbeben gespürt wurden, die von Credner und dann später von Franz Etzold (1858-1928) bearbeitet wurden.

Instrumentelle Ergänzung von makroseismischen Daten

An der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert setzte die Entwicklung physikalisch fundierter seismischer Instrumente vehement ein. Sie wurde auch für das Vogtland bedeutsam, in welchem seit 1897 eine außergewöhnliche Phase seismischer Aktivität beobachtet wurde. Die erste seismische Station, an der 1903 erstmals Erdbeben aus dem Vogtland registriert wurden, war Leipzig (eingerrichtet 1902 auf Betreiben von Credner). Als weitere Stationen folgten Göttingen (s. SIEBERT 1997) und Jena, wo Rudolf Straubel (1864-1943) der Initiator war. Die häufigen lokalen Erdbeben waren der unmittelbare Anlaß, auch im Epizentralgebiet kleine Nebenstationen einzurichten, so 1905, wiederum durch Credner angeregt, in Plauen sowie, auf privater Initiative basierend, 1908 in Eger und 1909 in Hof. Alle Stationen waren mit mechanisch registrierenden Wiechert-Seismographen ausgerüstet, Jena zusätzlich mit einem optisch registrierenden Seismographen von Straubel (s. UNTERREITMEIER 1997). Aus heutiger Sicht gestatteten diese Stationen eine objektive Aufzeichnung der stärkeren vogtländischen Erdbeben. Das Faszinosum, Erdbeben nachzuweisen, welche unterhalb der menschlichen Wahrnehmbarkeit blieben, galt zu jener Zeit für lokale Erdbeben

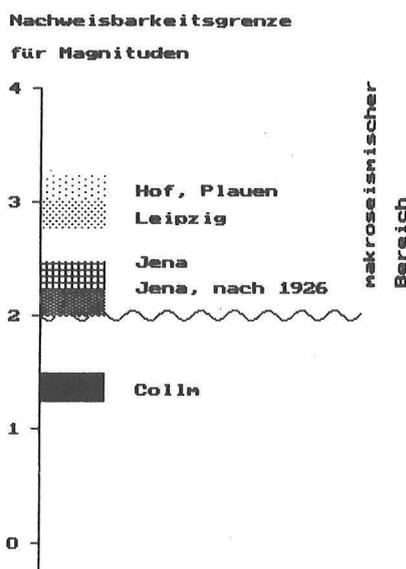


Abb. 1: Grenzen der Nachweisbarkeit an nahen seismischen Stationen für Erdbeben aus dem Vogtland; betrachtete Zeit: vor dem 2. Weltkrieg

noch nicht. Das zeigt auch Abb. 1, in der die Magnitudengrenzen eingetragen sind, bis zu welchen die jeweilige Station noch Ereignisse aus dem Vogtland aufzuzeichnen in der Lage war. Daran änderte auch die Einrichtung der neuen Station in Jena 1926 nichts. Erst mit der Station Collmberg war man seit 1935 erstmals prinzipiell in der Lage, Erdbeben aus dem Vogtland zu registrieren, die nicht makroseismisch wahrnehmbar waren. Schon bald, im Dezember 1936 und Januar 1937 wurde ein Erdbebenschwarm registriert, dessen Ereignisse zum Teil unterhalb der Schwelle makroseismischer Wahrnehmbarkeit lagen. Es war allerdings nicht einfach, die schwachen Erdbeben aus dem Vogtland sicher im Seismogramm zu erkennen. Eine Hilfe war dabei die ähnliche Seismogrammform, vor allem aber die nur schwach streuende Differenz der 'Vorläuferlänge', was Credner schon 1903 festgestellt und als wichtiges Merkmal definiert hatte. Die ausgemessenen Maximalamplituden waren damals ein Maß für die relative Stärke eines Bebens innerhalb eines Schwarmes. Inzwischen sind sie wichtig, um die lokale Magnitude, welche 1935 durch Richter definiert wurde, zu bestimmen, und machen eine einheitliche Stärkebestimmung möglich. Hierbei spielt Göttingen die besonders wertvolle Rolle einer Basisstation, weil dort noch heute die gleichen Seismographen registrieren wie zu Anfang des Jahrhunderts.

Instrumentelle Überwachung des Vogtlandes mit lokalen analogen Stationen

Im August 1962 begann im Vogtland ein Erdbebenschwarm, der sich über mehrere Wochen hinzog. Zu jener Zeit war in der Nähe des Epizentrums nur die Station Plauen, 1954 eingerichtet, in Betrieb. Die in größerer Entfernung bestehenden Stationen in Sonneberg, Jena, Collmberg und Halle hatten im engeren Sinn keinen lokalen Charakter mehr. Auf das Auftreten des Schwarmes wurde sofort

reagiert und von Friedrich Gerecke (1899-1981), der damals in Jena für die mikro-seismischen Arbeiten verantwortlich war, am 18. Sept. 1962 eine Station in Klingenthal eingerichtet. Sie ist, technisch verbessert und nach zweimaligen Standortwechsel, noch heute in Betrieb. Damit war das lokale seismische Vogtlandnetz und die lokale, im großen und ganzen lückenlose mikro-seismische Überwachung des Vogtlandes geboren. Nach Beginn des Schwarmes von 1962 wurden auch von tschechischer Seite temporär zwei Stationen aufgebaut, eine untertägige bei Kraslice durch Jiri Buben (BUBEN & RUDAJEW 1965) und eine zweite unter Vit Karnik (KARNIK 1963) in Tisova. Die kontinuierliche Überwachung wurde anlässlich eines Schwarmes 1973 durch eine weitere Station in Bad Elster vervollständigt. Im Bestreben, auch sehr schwache Erdbeben registrieren zu wollen, wurde schließlich 1976 eine sehr empfindliche Station, Vergrößerung 100 000fach, in Eubabrunn installiert. Wegen der Unruhe an diesem Standort steht sie seit 1984 in Wernitzgrün. Die instrumentelle Wartung des Jenaer Stationsnetzes wurde von Albrecht Ziegert garantiert, bei der Realisierung geeigneter Übertragungskurven der Seismographen half Christian Teupser (1928-1991) und die mikro-seismischen Auswertungen erfolgten bis einschließlich 1995 durch H. Neunhöfer. Das Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik München, IAAG, setzte die seit 1909 bestehende Tradition der seismischen Registrierung in Hof fort, und seit 1978 werden dort mit kurzperiodischen Seismographen die Erdbeben aus dem Vogtland überwacht. Die Stationen des Vogtlandnetzes haben den starken Schwarm 1985/86 bereits in der Phase seines Entstehens beobachtet. Mit der Entwicklung dieses Schwarmes wurde die Überwachung des Gebietes ungemein intensiviert. In der gebotenen Eile wurden durch tschechische Einrichtungen analoge Stationen in Olovi und Vysoke Pec eingerichtet, und die Ära der digitalen Stationen begann.

Das digitale Zeitalter im Vogtland, Herdparameter

Der starke Erdbebenschwarm 1985/86 lenkte die Aufmerksamkeit der Seismologen in allen davon betroffenen Ländern wieder einmal auf das seismotektonisch interessante Vogtland, zumal die Öffentlichkeit durch die vielen makroseismisch spürbaren Ereignisse beeindruckt war und deshalb auch staatliche Stellen an wissenschaftlichen Aussagen dazu Interesse anmeldeten. Das hatte zur Folge, daß in dem erweiterten Epizentralgebiet auf die Schnelle neue Beobachtungsstationen aufgestellt wurden. Auf bayerischer Seite kamen vom IAAG zur Station Hendlmühle, die in Vorbereitung auf die Kontinentale Tiefbohrung (KTB) gerade tätig war, noch digitale Stationen in Hof, Hohenberg und Selb. Im sächsischen Vogtland wurde durch das Zentralinstitut für Physik der Erde in Potsdam eine Station in Schönberg eingerichtet, in Westböhmen eröffneten das Geophysikalische Institut in Prag die Stationen Tisova und Vackov. Ein Teil der Stationen wurde nach dem Schwarm wieder aufgegeben bzw. in sorgfältig geplante Stationsnetze integriert.

Von Jena aus wurde für die weiteren Beobachtungen ein etwas großflächig angelegtes Netz genutzt, das die vier

Stationen Moxa als Zentrale, Posterstein, Plauen und Schönberg umfaßte. Nachdem die zuletzt genannte Station aufgegeben werden mußte, arbeitet dieses Netz noch heute in eingeschränktem Umfang. Das von Jena aus nach wie vor betriebene Analognetz wurde, beginnend 1988, durch drei selbst entwickelte digitale Stationen in Wernitzgrün, Plauen und Klingenthal ergänzt, die wenigstens die makroseismisch wirksamen Erdbeben getriggert erfassen. 1992 kam eine moderne Station in Bad Brambach hinzu.

Im Rahmen des Wissenschaftlichen Programms der KTB wurde, federführend vom IAAG, in der Umgebung der Bohrung ein seismisches Netz von vier Stationen errichtet (Falkenberg, Napfberg, Nottersdorf, Rotzenmühle). Trotz seiner etwas größeren Entfernung hat es für die Überwachung der Vogtlandbeben Bedeutung. Das Netz begann mit der kontinuierlichen Tätigkeit im Januar 1989. Eine genaue Beschreibung ist bei DAHLHEIM et al. (1992) zu finden.

Im Jahre 1991 haben tschechische Institutionen gleich zwei neue Beobachtungsnetze aufgebaut. Das bis dahin empfindlichste Netz errichtete das Institut für Geophysik aus Brünn in der Umgebung von Kraslice. Es besteht aus fünf Stationen und erlaubt noch Mikrobeben bis zu schwach negativer Magnitude zu erfassen. Die Bearbeiter des Netzes verwenden besondere Sorgfalt auf die Ortung der Beben (DVORAK et al. 1994), indem sie die lokale Krustenstruktur möglichst gut einbeziehen. Das andere Netz, errichtet vom

Institut für Geomechanik zu Prag, diente der Überwachung der Heilquellen in Westböhmen und mußte wegen der dadurch vorgegebenen Standorte relativ unempfindlich ausgelegt werden.

Die bis jetzt letzte Verbesserung der Überwachung des gesamten Gebietes stellt die Inbetriebnahme des sog. WEBNET dar, für das die beiden Prager Akademieinstitute für Geophysik und für Geomechanik verantwortlich sind. Vom Februar bis Dezember 1994 wurde ein aus sieben Stationen bestehendes Netz aufgebaut bzw. vervollständigt, das frühere Stationen der beiden Institute ablöst. Mit dem Netz werden lokale Erdbeben bis weit in den negativen Magnitudenbereich hinein erfaßt. Für 1994 liegt bereits ein Bulletin vor. Die Lage aller Stationen, die zum 1. Jan. 1995 im Vogtland und in Westböhmen im kontinuierlichen Einsatz waren, ist in Abb. 2 dargestellt.

Heutige Datensammlungen, seismologische Ergebnisse, tektonische Modelle

Erdbebenkataloge sind Datensammlungen über vorangegangene Erdbeben, meist für eine bestimmte Region gültig. Sie unterscheiden sich von Bulletins, welche mit gewisser Verzögerung Ereignisse aus einem 'aktuellen' Zeitabschnitt beschreiben. Kataloge sind a priori unvollständig, sie müssen für zukünftige Ereignisse offen sein, aber auch für die Ergänzung neu erschlossener historischer Ereignisse oder deren Präzisierung. Im Laufe der Zeit entstand eine Anzahl von Katalogen, die das Vogtland betreffen. Den Anfang hat wohl 1885 der Realschul-Oberlehrer aus Werdau, H. JACOBI, gemacht. Er stellte für den Zeitabschnitt von 1523 bis 1838 tabellarisch Berichte über Erdbeben im westlichen Erzgebirge zusammen. Als nächster ist SIEBERG (1940) zu nennen, in dessen bis 1799 reichenden Erdbebenkatalog für Deutschland auch das Vogtland berücksichtigt ist. Dieser Katalog erfuhr eine Fortsetzung bis 1899 durch SPONHEUER (1952) und bis 1975 durch SPONHEUER & KUNZE (1981). Diese Vorläufer wurden im Erdbebenkatalog für die Deutsche Demokratische Republik bis 1984, zusammengestellt durch GRÜNTAL (1988), berücksichtigt, welcher seinerseits in den Deutschen Erdbebenkatalog von Leydecker aufgegangen ist. Letzterer wird jährlich komplettiert und enthält makroseismisch wahrgenommene Erdbeben und solche, die mindestens die Magnitude 2,0 erreichen. Die meisten Mikrobeben, die seit 1962 von lokalen Stationen registriert wurden, finden in dem Deutschen Katalog keine Berücksichtigung. Deshalb ist ein Katalog aller seit 1962 registrierten Erdbeben eine wirkliche Ergänzung. Der erste erschien von NEUNHÖFER & GÜTH (1982), und er ist heute zu verstehen als die Summe der seitdem erschienenen Bulletins. Seit 1985 wird er zusammengestellt in Kooperation mit den Verantwortlichen für die lokalen Stationen in Bayern, Sachsen, Thüringen und Tschechien. Für alle, welche die aktuellen Daten für das Vogtland sammeln bzw. mit ihnen arbeiten, besteht die Arbeitsgruppe über "Seismologische Studien in Nordwest-Böhmen, im Vogtland und in Nordost-Bayern". Sie hat sich bisher in Fürstfeldbruck (1992), Windischeschenbach (1993) und Brünn (1994) getroffen.

Bei einer Betrachtung des gesamten Datensatz für das Vogtland hat GRÜNTAL (1989) gefunden, daß starke

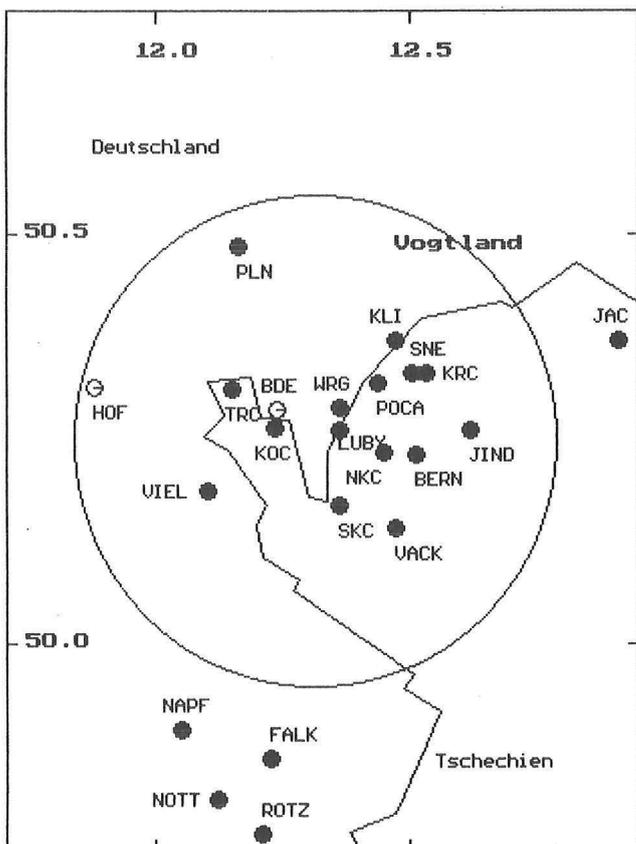


Abb. 2: Lage der lokalen seismischen Stationen im Vogtland: Stand 1. Jan. 1995; offene Symbole - analoge Stationen, ausgefüllte Symbole - digitale Stationen.

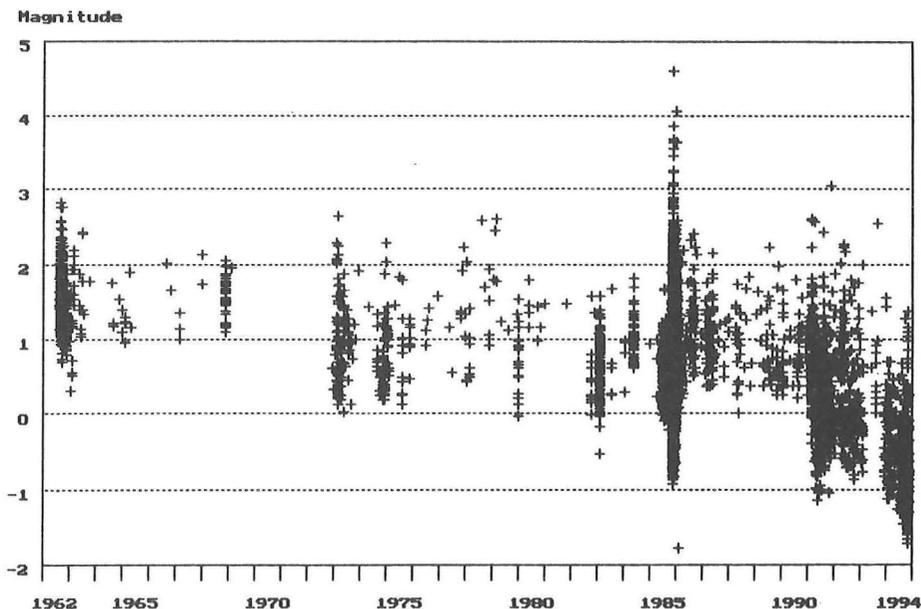


Abb. 3: Beobachtete Erdbeben im Vogtland seit 1962; aufgetragen ist die berechnete Magnitude über der Herdzeit.

Schwärme, die Magnituden bis über 4 erreichen können, von denen 1985/86 einer beobachtet wurde, zyklisch auftreten, und zwar mit einer mittleren Periode von 74 Jahren. Die kontinuierliche instrumentelle Überwachung hat die in Abb. 3 dargestellte zeitliche Verteilung der Magnituden für die registrierten Erdbeben ergeben. In ihr ist eine weitere Periode erkennbar: im Mittel aller 69 Monate wird die Wahrscheinlichkeit groß, daß ein mittleres Erdbeben mit einer Magnitude oberhalb von 2,7 auftritt. Beide Perioden sind statistisch signifikant. Aus dem Bild der Magnituden-Zeit-Verteilung hatte Neunhöfer (s. KÄMPF et al. 1989) für die zweite Hälfte des Jahres 1985 vermutet, daß sich ein Erdbebenschwarm ereignen könne. Daraufhin wurden von ihnen hydrologische und hydrochemische Messungen durchgeführt. Da sich die Vermutung mit dem Eintreffen eines starken Schwarmes als zutreffend erwies, konnte dieser in Entstehung und Ablauf entsprechend begleitet werden. Insbesondere konnte nachgewiesen werden, daß der Wasserstand in den beprobten Bohrlöchern und der Mineralgehalt der Wässer zum Ablauf des Schwarmes korreliert sind. Dank der großen Zahl der Erdbeben, die zum Schwarm 1985/86 gehören, und der präzisen digitalen Aufzeichnungen in der zweiten Phase des Schwarmes war es möglich, die Genauigkeit der Ortungen zu verbessern. Recht überraschend wurde gefunden, daß - abgesehen von extrem wenigen Ausnahmen - alle der fast 9000 registrierten Erdbeben einer kleinen Epizentralfläche zuzuordnen sind. Deren Abmessung beträgt nur 1,5 km mal 3,5 km. STUDINGER (1993) hat eine ähnliche Beobachtung während eines kleineren Schwarmes bei Adorf im Jahre 1991 gemacht.

Für Erdbeben im Vogtland wurden Herdvorgänge erstmalig für die stärksten Ereignisse des Schwarmes 1985/86 berechnet (ANTONINI 1987, KÖHLER et al. 1989). Sie waren ganz wichtige Anhaltspunkte für das tektonische Modell, das für ebendiesen Schwarm von GRÜNTAL et al. (1989) veröffentlicht wurde. Es geht von einer Blockeinteilung aus, mit der NW-SE verlaufenden Marienbader Störung als Hauptelement, an der eine dextrale Scherspannung angreift und senkrecht dazu eine Dehnung beobachtet wird. Das

Bild wird ergänzt durch die Überlagerung von nordsüd verlaufenden Störungen, denen ein dextrales Kriechen während der Spannungsakkumulation zugeschrieben wird. SCHMEDES & ANTONINI (1991) erweitern die Vorstellungen, indem sie über einen gestaffelten Abbruch an der Marienbader Störung berichten (Abb. 4). Bis heute konnte für eine Anzahl von Herden, die sich über das gesamte Vogtland verteilen, der Mechanismus bestimmt werden. Nach einem Vergleich kommt SONNLEITNER (1993) zu dem Schluß, daß sie fast alle durch das gleiche Spannungsregime erklärt werden können. Eine Ausnahme bilden lediglich die Herde im Süden bei Marktredwitz.

Die Frage nach den Ursachen der vogtländischen Erdbeben beschäftigte die Bearbeiter von Anfang an. Die Aussagekraft der Beobachtungen, lange Zeit bestimmt durch eine

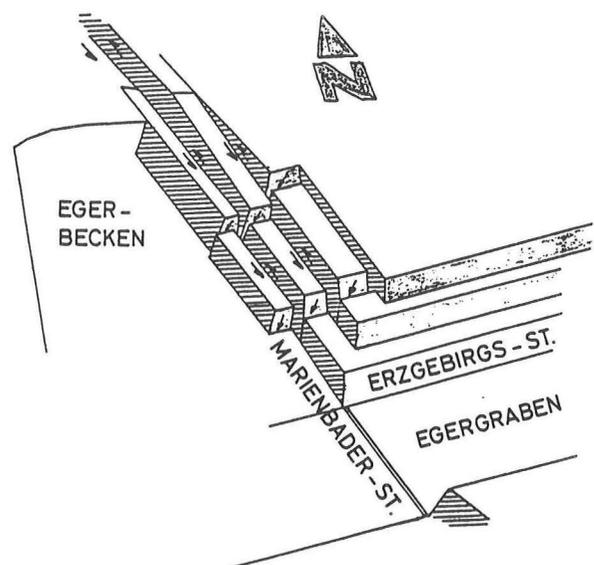


Abb. 4: Schematische Darstellung der Bewegungen während des Erdbebenschwarmes von 1985/86 nach SCHMEDES & ANTONINI (1991)

makroseismische Dominanz, führte zwangsläufig dazu, nicht zwischen den beiden Aspekten 'primärer Herdvorgang' und 'sekundäres makroseismisches Feld' trennen zu können. Erst seit dem starken Erdbebenschwarm 1985/86 ist man in der Lage, zwischen beiden genau genug unterscheiden zu können. CREDNER (1876) wollte zeigen, "dass auch das jüngste erzgebirgisch-vogtländische Erdbeben (gemeint das von 1875, der Verf.) nur eine Äusserung der noch fortwährend thätigen gebirgsbildenden Kraft ist", und knüpfte dabei an die von Suess 1875 niedergelegte Hypothese der Gebirgsbildung an. Die Ursache normaler Erdbeben sieht er, Credner, in der Entstehung von Brüchen an Stellen größter Spannung. Später (1889) hat er wohl als erster indirekt darauf verwiesen, daß im Vogtland die Erdbeben gebunden sind an ein "Chaos von Schichtenstauungen und Gebirgszerstückelungen", denn auf engstem Raum kreuzen sich herzynisch und erzgebirgisch streichende Systeme mit ostwest und nordsüd streichenden Sattelungen. Einen neuen Gedanken äußerte Knett (nach ETZOLD 1919), indem er annahm, daß im Südosten, ausgehend von den Alpen, ein Druck entsteht, der über das Böhmisches Massiv hinweg auf das Vogtland wirkt. Ein deutlicher Schritt zu den modernen Vorstellungen hin ist die Darstellung von SIEBERG (1938): "Ich selbst aber möchte die Ursache (der vogtländischen Schwarmbeben, der Verf.) noch weiter südlich verlegen. Meine auf mehreren Orientreisen gewonnenen Eindrücke haben mich zur Überzeugung gebracht, für das Herz Europas wäre nicht die tertiäre Alpenfaltung das gestaltende und ruhestörende Element, sondern der Einbruch der östl. Mittelmeerschollen, der vor allem SO-NW verlaufende Spalten aufreißt und die alpine Faltung mitbestimmt." Nach dem Siegeszug der Plattentheorie bestätigte sich Siebergs Vorstellung. Heute wird davon ausgegangen, daß sich im Vogtland Intraplattenbeben ereignen, deren Ursachen letztlich Drücke sind, die von den Grenzen der Europäischen Platte, insbesondere am Mittelatlantischen Rücken und von der Afrikanischen Platte, ausgehen. GRÜNTAL & STROHMEYER (1992) konnten nachweisen, daß auch laterale Änderungen der elastischen Eigenschaften der Erdkruste im Böhmisches Massiv den Spannungszustand in Mitteleuropa beeinflussen. Nachdem MAAZ & NEUNHÖFER (1982) innerhalb des lokalen seismischen Stationsnetzes die Genauigkeit der Ortung verbessert haben, zeigten sie, daß sich die vogtländischen Erdbeben entlang herzynisch und rheinisch streichenden Störungen anordnen.

Aus der Betrachtung eines Gebietes, in dem über mehr als 100 Jahre hinweg entsprechend dem jeweilig zur Verfügung stehenden technischen Stand Erdbeben beobachtet und interpretiert wurden, ergeben sich zwangsläufig Wünsche an zukünftige Arbeiten. Einerseits sollte durchaus nach alten Quellen, die bis jetzt noch nicht erschlossen sind, gesucht werden, um die Kenntnisse über die 'makroseismische Zeit' zu vervollkommen. Sehr wichtig ist es, die kontinuierliche mikro-seismische Überwachung fortzusetzen, um einen möglichst langen objektiven Datensatz zu erhalten. Makroseismische und mikro-seismische Daten sollten zu einem Langzeitmodell zusammengefaßt werden. Aus Gründen einer besseren Effektivität wäre ein enges Zusammenwirken der Betreiber der verschiedenen Netze, auch in der Planung, sinnvoll. Die Lokalisierung der Herde

sollte für das gesamte Gebiet präzise und konsistent sein, um Bruchlinien generell und speziell bei Schwärmen verfolgen zu können. Durch die Ableitung von vielen Herdmechanismen und die Bestimmung des Spannungsabfalles werden die Vorgänge während des Bebens beschrieben, ihre Generalisierung ist wichtig für die Beschreibung des detaillierten Spannungszustandes im Vogtland.

März 1996

Literatur

- ANTONINI, M. (1987): Der Erdbebenschwarm im Egerland vom Dezember 1985 bis Februar 1986 - makroseismische Intensität, Statistik und seismotektonische Herdparameter des Erdbebenschwarmes. - Diplomarbeit angefertigt am Inst. für Allgem. und Angew. Geophysik der Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- BUBEN, J. & RUDAJEV, V. (1965): Über die Untersuchung einer Erdbebenserie im Erzgebirge, September 1962. - Freiburger Forschungshefte C 174: 157-182.
- CREDNER, H. (1876): Das vogtländisch-erzgebirgische Erdbeben vom 25. November 1875. - Zeitschr. ges. Naturwiss. Bd. 48: 246-269.
- CREDNER, H. (1889): Das vogtländische Erdbeben vom 26. Dezember 1888. - Ber. Verh. Kgl. Sächs. Ges. Wiss., math.-phys. Kl. 41; Leipzig.
- DAHLHEIM, H.-A., GEBRANDE, H., SCHMEDES, E. & SOFFEL, H. (1992): The KTB Seismological Network. - KTB-Report 92-3; Stuttgart (Schweizerbart).
- DVORAK, V., SYKOROVA, H. & FIRBAS, P. (1994): Location of hypocenters in 3D media. - Third Workshop on Seismological Studies of NW Bohemia, Vogtland and NE Bavaria, June 27, 1994, Brno-Slapanice.
- ETZOLD, F. (1919): Die sächsischen Erdbeben während der Jahre 1907-1915. - Abh. math.-phys. Klasse der sächs. Gesellsch. der Wissensch. XXXVI. Bd. Nr. III; Leipzig (B.G. Teubner).
- GRÜNTAL, G. (1988): Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzender Gebiete von 823 bis 1984. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 99; Potsdam.
- GRÜNTAL, G. (1989): About the history of earthquake activity in the focal region Vogtland/Western Bohemia. - in P. Bormann (ed.): Monitoring and Analysis of the Earthquake Swarm 1985/86 in the Region Vogtland/Western Bohemia; Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 110: 30-37; Potsdam.
- GRÜNTAL, G., SCHENK, V., ZEMAN, A. & SCHENKOVA, Z.: A probable seismotectonic model of the earthquake swarm of 1985/86 in the focal area Vogtland/Western Bohemia. - in P. Bormann (ed.): Monitoring and Analysis of the Earthquake Swarm 1985/86 in the Region Vogtland/Western Bohemia; Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 110: 255-265; Potsdam.
- GRÜNTAL, G. & STROHMEYER, D. (1992): The Recent Crustal Stress Field in Central Europe: Trajectories and Finite Element Modeling. - J. Geophys. Res. 97, NO B8: 11805-11820.
- JACOBI, H. (1885): Zur Geschichte der Erdbeben im westlichen Erzgebirge. - Mitteilungen des Wissenschaftlichen Vereins für Schneeberg und Umgebung 2. Heft: Schneeberg (Selbstverlag des Vereins).
- KÄMPF, H., STRAUCH, G. & VOGLER, P. (1989): Seismo-hydrological and -hydrochemical investigations. - in P. Bormann

(ed.): Monitoring and Analysis of the Earthquake Swarm 1985/86 in the Region Vogtland/Western Bohemia; Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 110: 231-254; Potsdam.

KARNIK, V. (1963): persönl. Mitteilung an Dr. Gerecke

KNETT, J. (1899): Das Erzgebirgische Schwarmbeben zu Hartenberg vom 1. Jänner bis 5. Feber 1824. - Sitzungsber. Dt. Naturwiss.-Med. Verein Böhmen Lotos Prag N.F. 19, 167-191.

KÖHLER, W., GROSSER, H. & BORMANN, P. (1989): Fault plane solutions. - in P. Bormann (ed.): Monitoring and Analysis of the Earthquake Swarm 1985/86 in the Region Vogtland/Western Bohemia; Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 110: 165-192; Potsdam.

MAAZ, R. & NEUNHÖFER, H. (1982): Ortung naher seismischer Ereignisse. - Gerlands Beitr. Geophys. 91: 411-419.

NEUNHÖFER, H. & GÜTH, D. (1982): Bulletin der Mikrobeben im Gebiet des Vogtlandes aus der Zeit von August 1962 bis Juni 1981. - in Seismological Bulletin 1977 Station Moxa (MOX); Berlin (Akademie-Verlag).

SCHMEDES, E. & ANTONINI, M. (1991): Alpen und Böhmisches Masse. - in Erdbeben in der Bundesrepublik Deutschland 1985; Hannover.

SIEBERG, A. (1938): Erdbeben im Vogtland. - Beitr. Geol. Thüringen 5: 67-72.

SIEBERG, A. (1940): Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und angrenzender Gebiete für die Jahre 58 bis 1799. - Mitt. Dt. Reichs-Erdbebendienst Nr. 2.

SIEBERT, M. (1997): Geschichte des Instituts für Geophysik in Göttingen. - in Neunhöfer, H., Börngen, M., Junge, A. & Schweitzer, J. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland.

SONNLEITNER, M. (1993): Vergleich unterschiedlicher Methoden der Spannungsinversion von Erdbebendaten - am Beispiel von Erdbeben aus der Region Vogtland/westl. Böhmen. - Diplomarbeit angefertigt am Inst. für Allgem. und Angew. Geophysik der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

SPONHEUER, W. (1952): Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete für die Jahre 1800-1899. - Mitt. Dt. Erdbebendienst Nr. 3; Berlin (Akademie-Verlag GmbH).

SPONHEUER, W. & KUNZE, A. (1981): Katalog der auf dem Territorium der DDR gespürten Erdbeben 1900-1975. - Jena (unveröffentlichtes Manuskript).

STUDINGER, M. (1993): Clusteranalyse eines Mikrobebenschwarmes vom März 1991 im Gebiet des Vogtlandes. - Diplomarbeit angefertigt am Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

UNTERREITMEIER, E. (1997): Seismische Station (1899-1994) und Seismometrie in Jena. - in Neunhöfer, H., Börngen, M., Junge, A. & Schweitzer, J. (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik in Deutschland.

Zur Geschichte der geophysikalischen Erkundung in der DDR

Ulrich Stötzner & Dieter Weintritt

Vorgeschichte

Geophysikalische Arbeiten auf dem Gebiet der späteren DDR wurden bereits vor dem 2. Weltkrieg vor allem im Rahmen der geophysikalischen Reichsaufnahme durchgeführt. Bei Kriegsende lagen Übersichtsaufnahmen der Magnetik, Gravimetrie und Refraktionsseismik für Teilgebiete vor. In der Geologischen Landesanstalt für die Sowjetische Besatzungszone begann eine kleine Gruppe erfahrener Geophysiker mit der Aufarbeitung des vorhandenen Materials. Die Geologische Landesanstalt und mehrere Privatfirmen begannen auch mit der Aufstellung von Meßtrupps, der Beschaffung und Entwicklung erforderlicher Ausrüstungen. Die Erkundungsarbeiten mit häufig unzulänglichen Mitteln orientierten sich an den dringendsten Aufgaben zur Versorgung der Bevölkerung und Wirtschaft, insbesondere mit Brennstoffen und Wasser.

Geophysikalischer Dienst

Am 1. Jan. 1951 wurde aus der Geologischen Landesanstalt die Staatliche Geologische Kommission gebildet. Am gleichen Tage wurde mit Sitz in Leipzig der Geophysikalische Dienst gegründet. Einige wenige Geophysiker und Geologen begannen mit dem Aufbau einer Organisation, die für das Gesamtgebiet der geophysikalischen Arbeiten in der DDR zuständig sein sollte. Aus dem Kreis der Wissenschaftler, die den Kern der neuen Institution bildeten, seien

hier E. Bein (Gravimetrie), S. Herwig (Technisch-Physikalisches Labor), R. Lauterbach (Forschung), M. Lehmann (Magnetik), R. Meinhold (Reflexionsseismik), G. Nosske (Elektrik), K. Putziger (Feldarbeiten), H. Särchinger (Geologie) und E. Thomas (Refraktionsseismik) stellvertretend genannt.

Von Anfang an vereinte das Leistungsprofil des Geophysikalischen Dienstes Hoheitsaufgaben wie die Durchführung regionaler Übersichtsmessungen mit speziellen Aufgaben zur Lösung konkreter Erkundungsaufgaben für die verschiedensten Zweige der Volkswirtschaft.

1953 erfolgte die Umwandlung zum VEB (Volkseigener Betrieb) Geophysik.

Vom VEB zum Kombinat

Die ersten Jahre waren von einer ständigen Ausweitung der zu lösenden Aufgaben sowie der personellen und technischen Kapazitäten geprägt. Am 1. Juli 1984 erfolgte die Bildung des VEB Kombinat Geophysik Leipzig. Der sogenannte Stammbetrieb übernahm die Durchführung aller oberflächengeophysikalischen Messungen.

Die Bohrlochgeophysik ging in den VEB Bohrlochmessungen über. Die Entwicklung und Fertigung geophysikalischer Geräte wurde Aufgabe des VEB Geophysikalischer

Gerätebau, der seine Hauptfertigungsstätte in Storkow (Mark) hatte.

Eine Außenseiterposition im Kombinatverband nahm zeitweilig der VEB Geothermie Neubrandenburg ein, der sich mit der Projektierung und Errichtung von geothermischen Heizzentralen befaßte.

Die wechselvolle Entwicklung der geophysikalischen Industrie läßt sich deutlich an der Anzahl der Mitarbeiter ablesen (Abb. 1). Die Leitung des Unternehmens lag in den Händen von A. Fischer (1951-1957), G. Hertwig (1957-1966), A. Minovsky (1966-1972), D. Körner (1972-1986) und J. Perach (1986-1990).

Seismik

Hauptaufgabe der geophysikalischen Erkundung bis in die siebziger Jahre war die Durchführung von Untersuchungen für die Erdöl-Erdgas-Erkundung (s. MÜLLER et al. 1990). Dabei dominierte naturgemäß die Seismik. Die Anzahl der seismischen Meßtrupps stieg schnell von anfangs 4 auf 23 im Jahre 1968 an. Die Möglichkeiten zum Aufbau der Kapazitäten waren personell und materiell begrenzt, so daß zeitweilig mehrere Meßtrupps mit Ausrüstungen und Personal aus der Sowjetunion und Ungarn zum Einsatz kamen. Im Zeitraum 1966 bis 1970 wurde nahezu die gesamte Kapazität des Betriebes für die Kohlenwasserstoff-Erkundung im Rotliegenden und Präperm eingesetzt. Neben reflexionsseismischen Messungen erfolgten in den sechziger Jahren umfangreiche Arbeiten zur Tiefenerkundung mit Hilfe der Korrelationsmethode gebrochener Wellen (KMGW) und der ebenfalls in der Sowjetunion entwickelten Zemlja-Methode.

Zur besseren organisatorischen, technischen und fachlichen Unterstützung der in verschiedenen Gegenden der DDR konzentrierten Meßtrupps wurden 1960 Stützpunkte in Langensalza (Thüringen), Uckro (Lausitz), Wittenberge (Mecklenburg) und Reinkenhagen (Ostseeküste) gebildet. Die wissenschaftlichen Ergebnisberichte wurden ebenfalls auf den Stützpunkten in enger Zusammenarbeit mit den geologischen Fachleuten der Auftraggeber erarbeitet. An dieser Stelle muß erwähnt werden, daß im Unterschied zur Arbeit seismischer Kontraktoren in westlichen Ländern die geophysikalischen Arbeiten in der DDR von der Projektierung über die Durchführung der Feldarbeiten, die Bearbeitung, Auswertung und Interpretation der Daten bis zur Herstellung geologisch orientierter Ergebnisberichte in einer Hand lagen.

Mit den eigenen Meßschiffen GEOPHYSICA und AGRICOLA wurden in den sechziger Jahren seismische Arbeiten auf dem Ostseeschelf ausgeführt. Auch zwei sowjetische Schiffe waren zeitweilig im Einsatz. Um den Anschluß an die seismischen Messungen auf dem Festland zu sichern, wurden seismische Arbeiten im Flachwasserbereich ausgeführt. Da in absehbarer Zeit nicht mit dem Abteufen von Bohrungen im offshore-Bereich zu rechnen war, erfolgte 1969 die Einstellung der Arbeiten auf See, die jedoch später wieder aufgenommen wurden.

Erwähnt werden müssen auch die umfangreichen bohrlochseismischen Arbeiten. In nahezu allen Erdöl-Erdgas-Bohrungen wurden Laufzeitmessungen und ab 1967 VSP

durchgeführt. Die ständig steigenden Anforderungen hinsichtlich des zu erfassenden Teufenbereiches und der Genauigkeit der geophysikalischen Aussage konnten mit der vorhandenen analogen Meß- und Bearbeitungstechnik nicht mehr erfüllt werden. Daher erfolgte nach Versuchsmessungen 1970 innerhalb eines Jahres die vollständige Umstellung auf Digitaltechnik (Feldapparaturen SERCEL SN 328; Computer CDC 3300 mit Bearbeitungssystem SDPS). Die Anzahl der Meßtrupps wurde bei gleichzeitiger Leistungssteigerung drastisch reduziert. Die mit Einführung der elektronischen Datenverarbeitung verbundene Zentralisierung der Processing- und Interpretationsarbeiten führte zur Auflösung der Außenstellen in den Jahren 1971/72. Die durchgeführte Rationalisierung und der gleichzeitig rückläufige Umfang an Feldarbeiten zeigt sich auch im Rückgang der Beschäftigtenzahl (s. Abb. 1). Allerdings stieg der Umfang von Reprocessing und Nachinterpretation stark an. Freiwerdende Trupp-Kapazitäten kamen ab 1975 für mehrere Jahre im Irak zum Einsatz.

Mit der stärkeren Betonung der Erkundung der Braunkohle als Hauptenergieträger wurde der Einsatz der Nahseismik forciert (Scherwellen, Vibrorteknik, Sprengseismik). 1981 wurde ein Meßtrupp auf sprengstofflose Energieanregung umgestellt. Zum Einsatz kamen Gasexploder vom sowjetischen Typ SI-40.

Nach Versuchsarbeiten begann in den achtziger Jahren die Verwendung flächenhafter Beobachtungssysteme. Bis zum Vorhandensein einer vielkanaligen Ausrüstung auf Telemetriebasis wurde mit mehreren konventionellen Apparaturen gleichzeitig registriert. Mehrere 3D-Flächen sind mit Sprengseismik bzw. VIBROSEIS untersucht worden. Als besonders anspruchsvoll erwies sich eine Stadtmessung in Salzwedel in der Altmark.

Mit der Indienstellung des Meßschiffes IMPULS erlebte die Seeseismik 1983 eine Wiedergeburt mit moderner Ausrüstung hinsichtlich Anregung mit Airgun, digitaler Aufzeichnung und Funkortung.

Potentialverfahren

Von Anfang an waren die Potentialverfahren durch eigenständige Abteilungen - Gravimetrie, Magnetik und Elektrik - vertreten. Die Gravimetrie begann mit einer Drehwaage

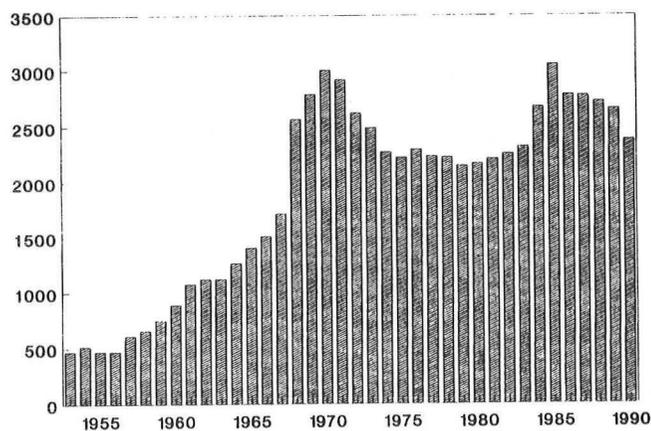


Abb. 1: Entwicklung der Arbeitskräfte im VEB Geophysik/Kombinat Geophysik



Abb. 2: Drehwaage-Transport (1952)

(Abb. 2) und vier Askania-Gravimetern. Ziel der Messungen war die Erarbeitung der Schwerekarte der DDR im Maßstab 1:500 000 und Spezialerkundungen für die Erdöl-Erdgas-Exploration. Ab 1965 wurde die Gravimetrie für die Erkundung von Braunkohle eingesetzt. Mit dem Einsatz von 18 Gravimetern erreichte die gravimetrische Erkundung 1981 ihren Höhepunkt.

Die Magnetik befaßte sich von Beginn an mit Regional- und Spezialmessungen (Abb. 3). 1961 war eine erste vollständige Regionalvermessung der DDR fast abgeschlossen. Zur gleichen Zeit begann eine erste aeromagnetische Aufnahme. Spezialmessungen dienten der Erzerkundung und der Erkundung von Hartgestein (Abb. 4). Von 1982 bis 1989 erfolgte eine flächendeckende aerogeophysikalische Aufnahme (Magnetik, Gamma-Spektrometrie und VLF) des gesamten Südens der DDR zur Grundgebirgserkundung.

Die Elektrik vergrößerte sich von einem Meßtrupp 1951 bis auf 14 Meßtrupps 1977. Folgende Verfahren gelangten zum Einsatz: Eigenpotential, Widerstandssondierung und -kartierung, induzierte Polarisierung, Tellurik, Magnetotellurik und Elektromagnetik (Kreuzrahmen, Turam, Slingram, VLF). Das Profil der Geoelektrik zeichnete sich stets durch eine breite Vielfalt der Aufgaben, Methoden und Lösungswege aus. Es reichte von der regionalen Tiefenerkundung über die Erdöl-Erdgas-Exploration bis zur Erkundung fester Minerale und Wasser.

Schließlich entstand 1963 eine eigenständige Ingenieurgeophysik, die aus heutiger Sicht wegweisend für die weitere Entwicklung der angewandten Geophysik war und die schon in den 70er Jahren erste Untersuchungen im Zusammenhang mit Umweltschutzaufgaben ausführte.

Aufgrund der komplexen Struktur des Unternehmens waren geophysikalische Meßergebnisse stets geologisch zu interpretieren. Eine eigenständige Petrophysik mit Bohrggerät und Gesteinslabor sowie ein geochemisches Labor mit Meßtrupps ergänzten die geophysikalischen Meßverfahren. Im Laufe der Jahre wurde ein Datenfundus erzeugt, der bis auf den heutigen Tag bewahrt ist und seinesgleichen sucht.

Wenngleich durch die Potentialverfahren und die Labors eine Vielzahl wirtschaftlich wichtiger und wissenschaftlich interessanter Aufgaben bearbeitet wurde, standen jene doch stets im Schatten der großen Seismik. Die technische, personelle und forschungsseitige Förderung blieb stark eingeschränkt. Trotzdem konnte Kontinuität gewahrt und eine ständige Fortentwicklung bewirkt werden.

Bohrlochmessungen

Mit der Gründung des Geophysikalischen Dienstes 1951 wurde auch eine Abteilung Bohrlochmessung aufgebaut, die mit Arbeiten in der damals noch betriebenen Steinkohle- und Kupferschiefer erkundung begann. Danach erfolgte die Ausrüstung mit Bohrlochmeßapparaturen sowohl aus Eigenentwicklung als auch mit Importen aus der Sowjetunion. Der Schwerpunkt der Bohrlochgeophysik verschob sich in die Erdölerkundung.

1957 wurde diese 'Betriebsgeophysik' aus dem VEB Geophysik ausgegliedert und dem VEB Erdöl-Erdgas Gommern zugeordnet. Technische und methodische Weiterentwicklungen erlaubten eine Ausweitung des Tätigkeitsfeldes. 1962 schließlich wurde der selbständige VEB



Abb. 3: Mädchentrupp der Magnetik (1952)



Abb. 4: Magnetik im Harz (1985)

Bohrlochmessungen Gommern mit Stützpunkten in Gommern, Gotha, Greifswald, Leipzig und Storkow gebildet.

Ab 1963 war ein zunehmender Einsatz der Bohrlochgeophysik in der Braunkohlenerkundung zu verzeichnen. Ungarische Bohrlochmeßapparaturen für die Erdöl-Erdgas-Erkundung verfügten über Kabelwinden mit einer Teufenkapazität von 7000 m. Organisatorisch wurde die Bohrlochgeophysik 1968 wieder in den Verband des VEB Geophysik Leipzig eingegliedert. 1977/78 kamen die ersten Bohrlochmeßapparaturen mit digitaler Magnetbandaufzeichnung in der Braunkohlenerkundung zum Einsatz, verbunden mit rechnergestützter Bearbeitung und Interpretation. Zu Beginn der achtziger Jahre erfolgte der breite Übergang zur Anwendung eines komplexen Programmsystems für die Bearbeitung und Interpretation von Bohrlochmessungen auf IBM/370-kompatiblen Computern aus DDR-Produktion. Ab 1983 schließlich wurde die erste geschlossene Eigenentwicklung einer Bohrlochmeßapparatur mit Rechnersteuerung eingesetzt. Mit Bildung des VEB Kombinat Geophysik Leipzig wurde erneut ein selbständiger Bohrlochmeßbetrieb gegründet. Zu den Spitzenleistungen des Betriebes gehörte die Vermessung der übertiefen Bohrungen Mirow (8000 m) und Parchim (7000 m).

Geräteentwicklung

Die anfangs verfügbaren seismischen Ausrüstungen entsprachen nicht den erforderlichen technischen Anforderungen. Entscheidende Verbesserungen wurden mit Ausrüstungen erreicht, die im eigenen Hause entwickelt wurden. Ab 1961 kamen 24kanalige Analog-Apparaturen mit Magnetbandregistrierung zum Einsatz. Sie wurden in Briese- lang gefertigt und auch in größerer Stückzahl in verschiedene COMECON-Länder exportiert. Eine Magnetband-Auswertezentrale mit Datensichtgerät wurde ebenfalls im eigenen Haus entwickelt und in mehreren Exemplaren gebaut.

Die Entwicklung geophysikalischer Geräte und Ausrüstungen für den Eigenbedarf gewann an Bedeutung. Neben den erwähnten seismischen Apparaturen wurden Geräte für die Geoelektrik, die Magnetik und Laborausstattung gebaut. Eine Hauptlinie bildete die Entwicklung von akustischen Bohrlochmeßapparaturen (Akustiklog, Zementlog, akustischer Bohrlochfernseher, Kavernenmeßkomplex). Zur Ablösung der importierten Erstausrüstung wurden gemeinsam mit dem ELGI Budapest mehrere Typen von digitaleismischen Feldapparaturen mit Binär- bzw. Gleitkomma-Verstärker und Computersteuerung bis 96 Kanäle entwickelt und produziert. Das Projekt einer Telemetrieapparatur gelangte nicht mehr zur Ausführung.

Mit der Kombinatbildung entstand ein selbständiger Betrieb für die Entwicklung und Fertigung geophysikalischer Geräte.

Auslandstätigkeit und internationale Zusammenarbeit

Wenngleich mit den Maßstäben einer freien, weltweit agierenden Erkundungsgeophysik nicht vergleichbar, so kann das Unternehmen doch auf Aktivitäten außerhalb der DDR verwei-

sen. Die Auslandstätigkeit bewegte sich natürlich in dem durch die politischen Verhältnisse vorgeschriebenen Rahmen.

Erste Auslandsaufträge führten 1956 in den Sudan (Refraktionsseismik zur Wassererkundung), 1957 nach Albanien (Magnetik zur Erkundung von Chromit), 1959 nach Schweden (IP-Erzkundung) und 1960 nach Rumänien (Elektrik, Radiometrie, Gravimetrie und Magnetik zur Exploration von Eisenerz).

In den osteuropäischen Staaten erfolgten geoelektrische Messungen und im Rahmen einer wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit Seismik und Ingenieurgeophysik (Polen, CSSR, Bulgarien und Ungarn, 1961 bis 1978). Mehrjährige und wiederholte Erkundungsarbeiten auf Erz fanden in der Mongolei (1963, 1967, 1980 bis 1985) und in Kuba (1966, 1968, 1969, 1982) statt. Bemerkenswert sind ferner mehrjährige seismische Arbeiten im Irak (1975 bis 1979). In Afrika war der VEB Geophysik in Mo-cambique (1980 bis 1983) und in Angola (1984 bis 1988) tätig.

Seit 1959 waren zeitweise mehrere hundert sowjetische Mitarbeiter in verschiedenen Abteilungen tätig. Im Charakter der Tätigkeit sowjetischer Geophysiker vollzog sich im Laufe der Zeit ein bemerkenswerter Wandel: Waren sie anfangs Gebende, die als Berater ihre Erfahrung einbrachten, mit Ausrüstungen und ihrer Arbeitskraft halfen, Lücken zu überbrücken, so entstand immer mehr eine gleichberechtigte Partnerschaft. Dies gilt insbesondere für die Phase nach Einführung der Digitaleismik, als der VEB Geophysik zum Modellfall für die schnelle Umrüstung der Meß- und Bearbeitungstechnik im COMECON-Bereich wurde.

Im Rahmen internationaler Forschungsprojekte (z.B. Interneftigeofizika, Intergeoneftigaz, Intermorgeo, Intergeotechnika) gab es eine langjährige Zusammenarbeit mit CGE, VSEGINGEO und VNIIGeofizika Moskau, VIRG Leningrad, KAZVIRG Almaty, Geofyzika Torun, PPG Warszawa, Geofizika Brno, GEOTEST Prag, ELGI, OKGT und VITUKI Budapest und PGPiGK Sofia (Abb. 5).

Der VEB Geophysik beteiligte sich mehrfach an internationalen Expeditionen zur Erforschung der Ozeane mit magnetischen Messungen und petrophysikalischen Untersuchungen im Atlantik und Pazifik. Auch an der Arbeit der für die Erkundung und den Abbau von Kohlenwasserstoff-lagerstätten im Ostseebereich von der UdSSR, Polen und der DDR gegründeten gemeinsamen Organisation "Petrobaltic" nahmen Mitarbeiter des Betriebes direkt oder indirekt über Auftragsarbeiten teil.

Nach Öffnung der Grenzen brachen alle bisherigen Verbindungen ab. Neue Erkundungsaufgaben führten bisher nach Österreich, Italien, Spanien, Libyen, der Türkei, Malaysia, Thailand und Laos.

Forschung und Ausbildung

Neben den in den Fachabteilungen arbeitenden Geophysikern und Geologen, verfügte der Betrieb über eigene Forschungskapazitäten auf methodischem und gerätetechnischem Gebiet. Über Inhalt und Ergebnisse der methodischen Forschungsarbeiten soll an anderer Stelle berichtet

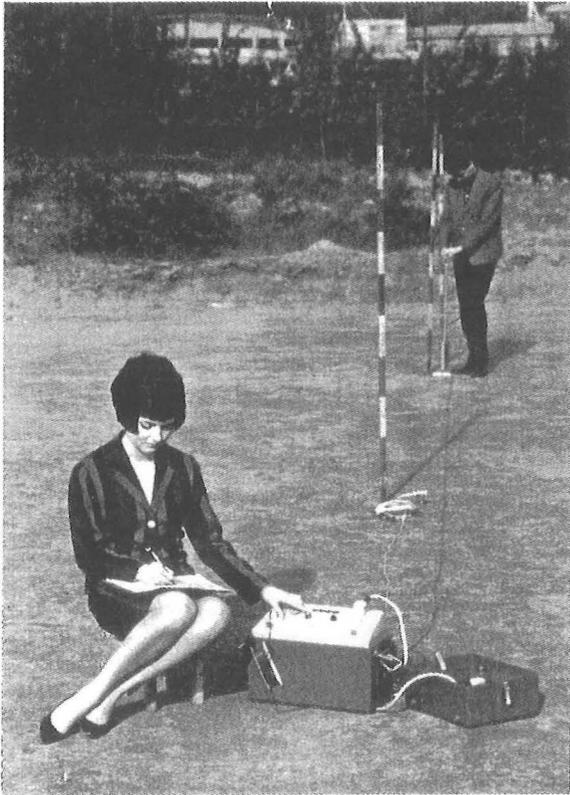


Abb. 5: Refraktionsseismik mit der ungarischen Apparatur Pionier (ELGI Budapest 1970)

werden. Hier sei lediglich erwähnt, daß auch die Kapazitäten der Hochschulen, speziell der Karl-Marx-Universität in Leipzig und der Bergakademie in Freiberg, der Akademie der Wissenschaften, insbesondere dem Zentralinstitut für Physik der Erde in Potsdam, sowie anderer Forschungsinstitutionen im Inland genutzt wurden. Mitte der siebziger Jahre intensivierte sich die Zusammenarbeit mit geophysikalischen Partnern im COMECON-Bereich. Schwerpunkt waren methodische Entwicklungen in der Seismik und die gemeinsame Schaffung eines einheitlichen Programmsystems für die Bearbeitung seismischer Daten auf den in allen COMECON-Ländern vorhandenen IBM/370-kompatiblen Rechnern des ESER (Einheitliches System der elektronischen Rechentechnik).

Nach Einstellung der Ausbildung von Geophysikern an der Universität in Berlin wurde der Personalstamm durch Absolventen der Karl-Marx-Universität Leipzig und vor allem der Bergakademie Freiberg erweitert und verjüngt. In Leipzig erfolgte zeitweilig auch die Ausbildung von Technikern, die vor allem als Auswerter zum Einsatz kamen, und - wie an der Ingenieurschule Breitenbrunn - von Geophysik-Ingenieuren. Eine größere Anzahl von geowissenschaftlichen Fachleuten kam auch von verschiedenen Hochschulen in der UdSSR.

Der Betrieb bildete neben Facharbeitern in einigen technischen Ausbildungsberufen auch Facharbeiter für Geologie aus, die bei den Meßtrupps und in der Zentrale arbeiteten.

Entwicklung seit 1990

Mit den politischen und wirtschaftlichen Veränderungen seit 1989, der Währungsunion und dem Ende der DDR 1990 ging ein radikaler Strukturwandel einher. Über Nacht hatte der ehemals zentralgelenkte Betrieb keine Auftraggeber mehr. Nach der Umbildung des Unternehmens in eine GmbH wurde der Sanierungsprozeß eingeleitet (Abb. 6). Mit der Überführung des VEB Kombinat Geophysik Leipzig in eine Kapitalgesellschaft schied die Bohrlochgeophysik (heute BLM GmbH) und der geophysikalische Gerätebau aus dem Firmenverband aus. Im Januar 1991 konnte - wenngleich in bescheidenem Rahmen - das 40jährige Bestehen der Geophysik in Leipzig begangen werden.

Zwei Beispiele der Erkundungstätigkeit seit 1990 sollen durch die Abb. 7 und 8 dokumentiert werden. Die Geschäftsbereiche Seismik einerseits und Potentialverfahren einschließlich der Forschung und des Geschäftsfeldes Nahseismik andererseits wurden 1992 getrennt privatisiert. Die Geophysik Seismik Leipzig GmbH führte die Aktivitäten in der Erdöl-Erdgas-Erkundung fort. Dabei war sie bis 1995 mit Vibroseis in der Türkei tätig. Für deutsche Auftraggeber wurden Processing- und Interpretationsarbeiten ausgeführt.

Heute führt die Geophysik GGD - Gesellschaft für geowissenschaftliche Dienste mbH - die Tradition des 1951 in Leipzig gegründeten Geophysikalischen Dienstes fort (Abb. 9). Schwergewicht der Tätigkeit ist eine oberflächennahe, hochauflösende Erkundung für alle Aufgaben der Lagerstättenexploration, der Ingenieurgeophysik und im Um-

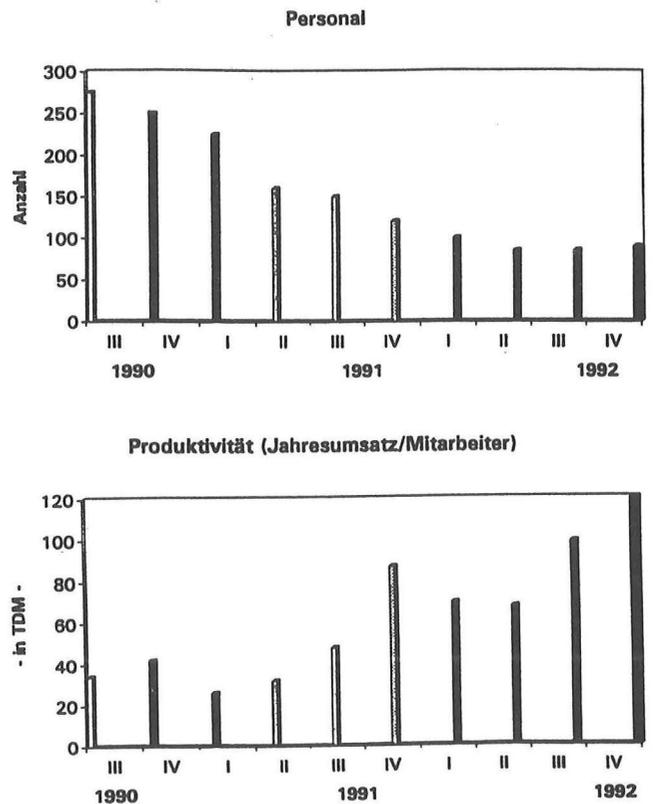


Abb. 6: Der Sanierungsprozeß des Geschäftsbereiches Potentialverfahren der Geophysik GmbH

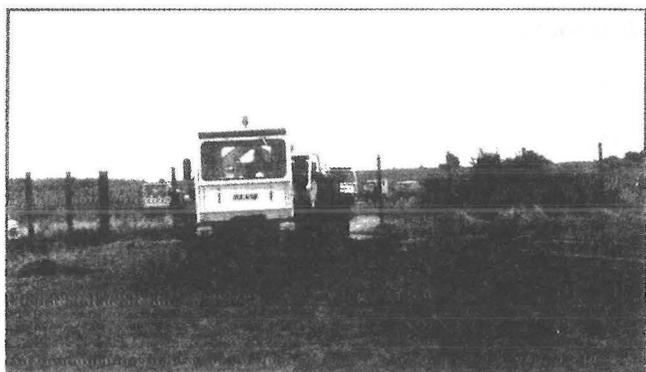


Abb. 7: Tiefenseismisches Profil DEKORP MVE 90, Überschreiten der innerdeutschen Grenze am 24. Sep. 1990



Abb. 8: Aeromagnetik Rhön (1993)

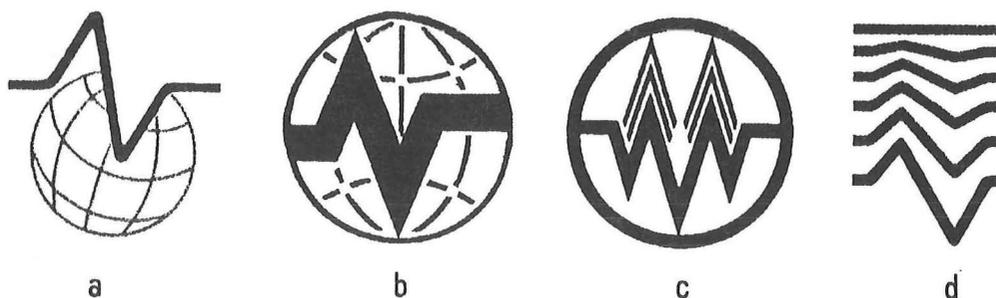


Abb. 9: Das Signet im Wandel der Zeiten: a - VEB Geophysik, b - VEB Kombinat Geophysik, c - Geophysik GmbH/Geophysik Seismik GmbH, d - Geophysik GGD

weltschutz. Unter Bewahrung einer fast 50jährigen Unternehmensgeschichte, mit den Chancen einer progressiven Erneuerung nach der Wiedervereinigung und mit den Möglichkeiten und Risiken des freien Wettbewerbes versteht sich die Geophysik GGD als Partner der geowissenschaftlichen Bundes- und Landesbehörden, der Universitäten und Forschungsinstitute sowie der Bau- und Bergbauindustrie im In- und Ausland.

Literatur

AUTORENKOLLEKTIV (1961): 10 Jahre VEB Geophysik. - Festschrift; Leipzig.

BOCHMANN, M. (1982): Rationelle Erkundung und effektive Nutzung des Lagerstättenpotentials der DDR. - Zeitschr. angew. Geol. **28**(12): 563-569; Berlin.

HERTWIG, G. (1961): Zehn Jahre VEB Geophysik. - Zeitschr. angew. Geol. **7**(6): 1; Berlin.

HERTWIG, G. & HEINZ, L. (1990): Alternative zum Einsatz fossiler Energieträger - Geothermische Energie. - Erdöl Erdgas Kohle **106**(5).

MÜLLER, E.P., TEUMER, P. & ANCLAM, P. (1990): Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen in der DDR. - Erdöl Erdgas Kohle **109**(7/8).

SCHARF, U. (1979): Zur Entwicklung der Produktivkräfte in der angewandten Seismik in der DDR. - (VEB Geophysik Leipzig, unveröff.).

IMPULS (1964-1989), Organ der Betriebs-Parteiorganisation der SED im VEB Geophysik, Leipzig.

Seismische Station (1899 - 1964) und Seismometrie in Jena

Erhard Unterreitmeier

Vorbemerkungen zur Geschichte der Station

Im Jahre 1974 ist mit einer internationalen Tagung in Jena, veranstaltet vom Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) - Institutsteil Jena -, an "75 Jahre Seismische Registrierungen" und "50 Jahre Seismologische Forschungen in Jena" erinnert worden. Zu diesem Anlaß zeigte sich das ZIPE als direkter Nachfolger der klassischen Jenaer Einrichtungen und räumte auch der historischen Beschreibung einen würdigen Rahmen ein. So ist mit Veröffentlichungen von MAAZ (1974) und von GÜTH et al. (1974) die Geschichte der Einrichtungen dargestellt worden. Anlässlich einer historischen Tagung in Eisenach wurde sie von TEUPSER (1975) und GERMANN (1975) noch um etliches detaillierter dargeboten. Alle diese Darlegungen sind vom Prinzip her stark an den historischen Fakten allein orientiert und zeigen weniger die Vielfalt der Forschungen und die Entwicklung der Fachgebiete auf. Einen summarischen Überblick gibt es aber mit der Bibliographie von VOIT (1974) zum o.g. Jubiläum über alle wissenschaftlichen Veröffentlichungen ab 1922.

Hier soll nun versucht werden, das Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis am Beispiel der seismometrischen Forschungsarbeiten und dem davon nicht losgelösten Wachsen der Seismischen Station in Jena anhand der historischen Fakten nachzuweisen und darzustellen. Das bedeutet aber auch, das Werk der beiden Wissenschaftler R. Straubel (1864-1943) und O. Hecker (1864-1938) und ihr Zusammengehen in wichtigen Fragen mehr zu würdigen als es bisher üblich war.

Die klassische Periode von 1899 bis 1919 unter R. Straubel

Die Gründung einer Seismischen Station in Jena fällt in das Jahr 1899. Auf Anregung von Gerland auf dem Deutschen Geographentag 1897 in Jena und nach entsprechenden Beratungen mit der Universität kam man zu dem Entschluß, im Keller des Physikalischen Instituts in der Neugasse mit seismischen Registrierungen zu beginnen. Beteiligt an diesen Vorbereitungen waren der Physikordinarius A. Winkelmann und R. Straubel, der zum Leiter der Station bestimmt wurde. Rudolf Straubel (Abb.1), der in Berlin und Jena Physik und Mathematik studiert und 1888 in Jena promoviert hatte, war seit 1889 Assistent von Winkelmann. Er habilitierte sich 1893 mit einer Arbeit über Beugungserscheinungen von nichtkugelligen Wellen aus dem Abbeschen Gedankenkreis (SCHOMERUS 1944) und wurde 1897 a.o. Professor an der Thüringischen Landesuniversität. In diese Zeit fällt auch seine umfangreiche Lehr- und Forschertätigkeit und seine erste größere geophysikalische Publikation "Über die Bestimmung zeitlicher Veränderungen der Lothlinie" (1898). Darin wurde schon Problemen nachgegangen, die E. Abbe - Fa. Carl Zeiss - seit dem Bau der Sternwarte 1896 sehr interessierten und die die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen ihm und Straubel vertieften.



Abb. 1: Porträt von Rudolf Straubel

Für die Aufnahme von seismischen Registrierungen gab es 1899 kaum eine Alternative zum Horizontalpendel. Nach dem viel zu frühen Tod von E. von Rebeur-Paschwitz hatte O. Hecker in Potsdam viel zur Weiterentwicklung der Horizontalpendel und zur Aufnahme einer Produktion bei P. Stückrath in Friedenau b. Berlin getan (HECKER 1896, 1901), und R. Ehlert hatte 1898 in Straßburg i.E. mit einer Anordnung von 3 Komponenten in einem Gehäuse ein von vielen Erdbebenforschern akzeptiertes Stationsgerät geschaffen. Dieses wurde von der Fa. Bosch in Straßburg als *Rebeur-Ehlert-Pendel* produziert und von Gerland auch für die neue Station in Jena empfohlen. Da die Nachfrage nach diesem Gerät aber stark war, konnte erst 1900 nach der Lieferung mit den Registrierungen in Jena begonnen werden.

Die wissenschaftlichen Arbeiten von Straubel, die im Zusammenhang mit den seismischen Registrierungen zu sehen sind, betrafen eine bessere Lichtquelle für das optisch registrierende dreifache Pendel, eine Theorie der Seismographen und Versuche für ein eigenes Vertikalseismometer. Die bald als *Straubel-Lampe* bekannte bessere Gaslichtquelle wurde von ihm 1901 in Straßburg auf der "1. Internationalen Seismologischen Konferenz" vorge-

stellt. In Straßburg traf er neben Gerland, Wiechert, Schmidt und anderen führenden Seismologen auch Hecker. Die Reproduktion eines Ausschnitts des Konferenzfotos zeigt in Abb. 2 die Genannten. Auf dieser Konferenz kam er mit den neuesten Erkenntnissen von Wiechert, Schmidt, Hecker, Omori u.a. direkt in Berührung und war selbst für diese ein interessanter Gesprächspartner. Seine Theorie der Seismographen, die im Zusammenhang mit seiner Vorlesungstätigkeit an der Universität entstand, konnte er nicht schnell genug zur Veröffentlichung bringen, sondern er wurde von WIECHERT (1903) überrascht; danach ließ er das Publikationsvorhaben fallen. Das zeigt aber um so mehr, wie intensiv er in dem damaligen raschen Vorgehen der wissenschaftlichen Entwicklung selbst eine Rolle spielte und wie er auch weiterhin an der Entwicklung der seismischen Instrumentierung interessiert war. Schon 1900 beschäftigte er sich mit Versuchen für ein vertikales Blattfeder-Seismometer mit optischer Registrierung und mit einer Vergrößerung der Bodenbewegung, die das 10 bis 40fache der Vergrößerung der optischen Horizontalpendel erreichte. Ab 1902 wurden die Registrierungen im Keller des Physikalischen Instituts eingestellt, da das Institut ein neues

Gebäude am Landgrafen bekam, und ruhten bis 1904.

Straubel war inzwischen auf Drängen von Abbe als wissenschaftlicher Berater der Geschäftsleitung in die Fa. Carl Zeiss eingetreten und hatte damit seine akademische Laufbahn abgebrochen. Er blieb aber weiter Stationsleiter und erstattete als solcher jährlich Bericht nach Straßburg, wurde dabei jedoch erst von Eppenstein und später von Pechau in der Stationsarbeit unterstützt. 1903 wurde Straubel Mitglied der Geschäftsleitung der Fa. Carl Zeiss anstelle des wegen Krankheit ausgeschiedenen E. Abbe.

1904 wurde nach Verhandlungen zwischen der Universität und der Carl-Zeiss-Stiftung über die Finanzierung der Einrichtung und den Betrieb einer seismischen Station erreicht, daß wieder ein kontinuierlicher Betrieb aufgenommen werden konnte. Die Station kam in die Sternwarte im Schillergäßchen in den tief in den Sandstein gehauenen Keller. Nach Straubels Jahresbericht für 1904 wurden an Geräten eingesetzt: ein von der Fa. Barthels, Göttingen, gefertigter Wiechertscher astatischer Horizontalseismograph mit 1,2 t seismischer Masse, ein doppeltes Horizontalpendel und das Straubelsche Vertikalseismometer. Der Wiechert-Seismograph wurde in einem Anbau untergebracht, in dem die Luftfeuchtigkeit nicht so groß war. Das Horizontalpendel war nicht mehr das originale dreifache Rebur-Ehlert-Pendel, sondern es war nach 1902 mit den Möglichkeiten der Optischen Werkstätten von Straubel umgebaut worden zu einem doppelten Horizontalpendel mit einer einstellbaren Luftdämpfung. Hier ist klar die Akzeptanz der Arbeiten HECKERS (1896, 1901) in Potsdam zum Einfluß der Dämpfung auf die Registrierung von Horizontalpendeln durch Straubel und deren eigene Umsetzung für die Station Jena zu vermerken. Das alles muß natürlich auf dem Hintergrund der eigenen Arbeiten Straubels zur Theorie der Seismometer gesehen werden und bedeutete mehr als nur zu experimentieren oder nachzubauen. Mit dem Erscheinen der Wiechertschen Arbeiten und Seismometer ab 1903/04 wurde die Dämpfung zu einem unverzichtbaren Bestandteil eines jeden Seismographen.

Das Straubelsche Vertikalseismometer, von dem es 1901 schon ein Versuchsmuster gab, wurde danach von O. Eppenstein in die endgültige konstruktive Form gebracht und auch 1906 beschrieben. Abb. 3 ist eine neue Darstellung, in der einzelne Details zu Baugruppen zusammengefaßt wurden, um das Seismometer verständlich beschreiben zu können. Auf dem Untergrund ist mit einem Bolzen eine obere geschmiedete Blattfeder von 2,05 m Länge und von speziellem Querschnitt befestigt, die mit einer ebensolchen zweiten Blattfeder über zwei Schneidenlager mechanisch gekoppelt ist. Die zweite Blattfeder ist in ihrer Mitte mit der seismischen Masse von $M=8,5$ kg belastet. Die ausgebogenen Federn sind damit hintereinander geschaltet und geben eine weiche Federung für eine Eigenperiode dieses Masse-Federn-Schwingers von einigen Sekunden. Die vertikale Bewegung der Masse M relativ zum Untergrund wird über eine mechanische Verbindung und eine Temperaturkompensation gegen verfälschende Einflüsse von Temperaturschwankungen auf das Meßergebnis in das Oberteil des Gerätes übertragen. Dort sorgt eine Zusatzeinrichtung, die *Astasierung* zwischen Untergrund und Masse M , dafür, daß



Abb. 2: Ausschnitt aus dem Gruppenfoto der Tagung 1901 in Straßburg i.E.

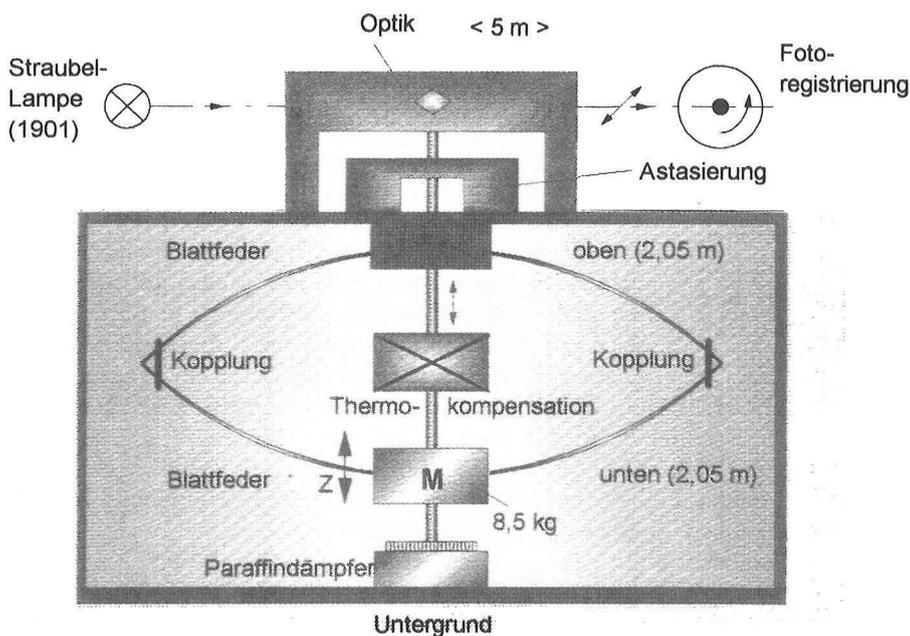


Abb. 3: Vertikalseismometer nach R. Straubel (1906)

Vertikalseismometer ($T_s = 6$ s, $V \approx 2000$) nach R. Straubel, Jena 1906

das Seismometer eine endgültige Schwingungsdauer von $T=6,6$ s erhält. Die notwendige Dämpfung wird mit einem Flüssigkeitsdämpfer mit flüssigem Paraffin erzielt. Die vertikale mechanische Bewegung von M wird auf eine Optik übertragen. Eine Spiegelanordnung lenkt einen einfallenden Lichtstrahl proportional zu den seismischen Signalen an M ab und schickt ihn in eine fotografische Registrierung. Die Vergrößerung der Bodenbewegung ist auf 2000fach eingestellt; war im Versuchsmuster aber schon bis ca. 4000fach realisiert worden. Das waren Vergrößerungen, die erst mit dem 17-Tonnen-Pendel von Wiechert erreicht wurden. Ein Grund dafür war natürlich das fotografische Prinzip. Das Seismometer mit seinen originellen Detaillösungen zur System-Elastizität und zur Astasierung ist eine der Straubelschen Erfindungen, der er auf anderen Gebieten später noch zahlreiche folgen ließ (SCHOMERUS 1944). Von den Registrierungen des Straubel-Seismometers ist der Jahrgang 1908 im Seismischen Archiv Jena erhalten. In diesem Jahrgang ist auch die Registrierung der Oberflächenwellen des Tunguska-Meteoriten enthalten, die von H. MARTIN (1964) wissenschaftlich ausgewertet wurde. Am Standort Sternwarte wurde also bis 1926 mit drei Geräten registriert. Die Pendel-Registrierungen wurden zeitweilig eingestellt, denn auch am Pendel wurde weiter experimentiert und umgebaut. Für den Assistenten W. Pechau gab es einen größeren Arbeitsraum in der Sternwarte, und auch die Bibliothek wurde durch Schenkungen weiter aufgebaut. 1911 wurde "zur Messung künstlicher Erschütterungen ein dreikomponentiger Apparat von der Fa. Spindler u. Hoyer, Göttingen, angekauft". 1912 waren die Störungen in den Registrierungen in den Tagesstunden durch die Erweiterung der Saalebahn und das benachbarte Zeiss-Werk schon so stark, daß eine baldige Verlegung der Station notwendig erschien, "wenn das Institut seiner Aufgabe auf die Dauer gerecht werden soll" (GERMANN 1974). Hier taucht in den Jahresberichten statt "Station" zum ersten

Mal das "Institut" als die Forschungseinrichtung auf. 1913 gab für es einige Monate noch einmal eine wesentliche instrumentelle Erweiterung durch die Aufstellung eines horizontalen (200 kg) und eines vertikalen (80 kg) Wiechert-Seismographen. Als eine weitere Forschungsaufgabe wurde 1913 mit luftelektrischen Untersuchungen begonnen. Auf dem Gebiet der Seismologie beschäftigte sich W. Pechau (1914) mit langen Wellen. Straubel blieb bis 1919 Stationsleiter.

Die Reichsanstalt für Erdbebenforschung von 1923 unter O. Hecker

Ende 1918 übernahm Frankreich die *Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung* in Straßburg i.E. Oskar Hecker, der als Nachfolger des Gründers G. Gerland Direktor war, A. Sieberg, C. Mainka und B. Gutenberg als Mitarbeiter hatte, mußte den gesamten instrumentellen und wissenschaftlichen Bestand dort belassen (HECKER 1924) und ging nach Jena in der Hoffnung auf Hilfe durch Straubel und die Carl-Zeiss-Stiftung. Er wurde in den nächsten Jahren nicht enttäuscht. A. Sieberg folgte ihm. Straubel übergab die Stationsleitung 1919 an Hecker. Zusammen mit Sieberg begann er sofort mit der Vorlesungs- und Publikationstätigkeit von den Räumen der Station in der Sternwarte aus. Es muß ihnen aber schwer gefallen sein, die folgenden Jahre zu überstehen. Heckers Bestreben ging sofort dahin, schnell eine Weiterführung der ehemaligen Straßburger Aufgaben unter noch besseren Bedingungen zu erreichen. Der erste Schritt dazu, der natürlich sehr bescheiden war, bestand in der Umbenennung der "Seismischen Station Jena" in "Hauptstation für Erdbebenforschung in Jena, früher in Strassburg im E." (HECKER 1921, 1922). Bescheiden war dieser Schritt deshalb, weil sich damit an dem doch recht begrenzten Instrumentarium der Station nichts änderte. Faktisch gab es nur noch die Registrierungen des horizontalen Wiechert-Seismographen,

da die fotografische Registrierung der optischen Geräte aus Papiermangel schon im Krieg eingestellt werden mußte. Während Sieberg erfolgreich zu Erdbeben und Erdbebengeographie veröffentlichte, sammelte und publizierte Hecker (1922) Registrierungen deutscher und angrenzender Stationen von aktuellen großen Beben. Außerdem schaffte er es bis 1921, eine Umfrage unter den seismischen Stationen Deutschlands und Deutsch-Österreichs durchzuführen, um über die nach dem Weltkrieg vorhandene Instrumentierung einen Überblick zu gewinnen (HECKER 1921). Das Ergebnis ist in Tab. 1 in verkürzter Form aufgeführt. Dieser Überblick ermöglichte es Hecker später, für eine neue Jenaer Zentralstation eine anspruchsvolle Ausrüstung zu fordern.

Über zahlreiche Verhandlungen kam es durch Erlaß des Reichspräsidenten F. Ebert am 1. Okt. 1923 zur Gründung der "Reichsanstalt für Erdbebenforschung Jena" am neuen Standort Fröbelstieg 3 in einem maßgerechten Neubau. HECKER (1924) beschreibt diesen nach dem Einzug ausführlich in all seinen Funktionen im Vergleich zum Straßburger Vorbild. Er wurde erster Direktor der neuen Reichsanstalt. Daneben leistete Hecker entsprechende Überzeugungsarbeit bei den Reichsbehörden und beim Reichspräsidenten. O. Meißer, einer der ersten Mitarbeiter der neuen Anstalt stellte das 1962 im Rückblick so dar: *"Reichspräsident Ebert fragte Geheimrat Hecker, ob wirklich bei der damaligen Notlage in Deutschland ein Erdbeben-Institut nötig wäre, wo wir doch in Deutschland nur sehr beschränkt Erdbeben hätten. Oskar Hecker, der als erster die Schwerkraft auf den Meeren bestimmte, der ein persönlicher Freund des russischen Seismologen Galitzin war und Korrespondierendes Mitglied der berühmten Moskauer Akademie der Wissenschaften gewesen ist, hat mit klarem Blick für die wissenschaftlichen Grundlagenaufgaben der Seismik und voller Berücksichtigung der kommenden seismologischen Forschung für die Ingenieurtechnik, für die Erkundung von nutzbaren Lagerstätten und die Grubensicherheit im Bergbau den Regierungschef voll*

Tab. 1: Seismographentypen der Stationen in Deutschland und Deutsch-Österreich, Stand 1921

+ - für Ausrüstung der neuen Station der R.A.E. Jena vorgesehen
- Bestand der Station Jena in der Sternwarte

Nr.	Gerätename	Anzahl	
1	Trifiliargravimeter	3	+ #
2	Div. Erschütterungsmesser	4	+ #
3	3H-Rebeur-Ehlert	1	
4	2H-Rebeur-Hecker	4	+ #
5	Wiechert-2H, 17 t	1	+
6	Wiechert-H, 50...200 kg	6	
7	Wiechert-2H, 1...2,1 t	12	+ #
8	Wiechert-V, 1,3 t	7	+
9	Wiechert-V, 80 kg	1	
10	Mainka-2H, 135 kg ...2 t	8	+
11	Conrad, 22 kg	3	
12	Vicentini	2	
13	Galitzin	1	
14	Straubel-V	1	+ #
15	Bosch-2H	1	

überzeugen können, daß dieses Institut trotz der Notzeit nötig war."

Notwendig war zuvor jedoch ein Institutsneubau, der am Hang des Landgrafen, am Fröbelstieg 3, entstand. Trotz verschiedener Finanzierungsmodelle unter Beteiligung der Reichsregierung, des Landes und der Carl-Zeiss-Stiftung kam es infolge der Inflation dazu, daß letztlich die Carl-Zeiss-Stiftung fast allein den Bau finanzierte und diesen dann auch noch durch Schenkung dem Reich übergab (HECKER 1924). Wesentlich dürfte auch hier die Hilfsbereitschaft R. Straubels in seiner inzwischen einflußreichen Position in der Fa. Carl Zeiss gewesen sein. In den Zeiten der ehemaligen Kaiserlichen Hauptstation hatten Straubel und Hecker auch ein jährliches Treffen bei den Sitzungen des Kuratoriums, dem Straubel seit 1905 angehörte; sie hatten also schon zuvor miteinander an gemeinsamen Aufgaben und Problemen gearbeitet.

Wichtig für die neue Einrichtung war auch die Übergabe des Gesamtbestandes der Hauptstation in der Sternwarte durch die Thüringer Landesregierung an die neue Reichsanstalt. In der Sternwarte wurde aber weiterhin registriert, denn erst 1926 war die neue Station in der Reichsanstalt komplett eingerichtet; natürlich unter Umsetzung der Geräte der alten Station.

Eingeweiht wurde die Reichsanstalt auch mit der 1. Jahrestagung der Deutschen Seismologischen Gesellschaft, deren 1. Vorsitzender 1925 E. Wiechert war, unterstützt von O. Hecker als geschäftsführendem 2. Vorsitzenden.

Verbunden mit der positiven Entscheidung der Reichsregierung waren auch weitere Stellen für wissenschaftliche und technische Mitarbeiter. So kamen in der nächsten Zeit G. Krumbach, O. Meißer und danach H. Martin als Wissenschaftler in die neue Reichsanstalt. Weshalb B. Gutenberg trotz anderslautender Zusagen durch das Reichsinnenministerium hier nicht berücksichtigt wurde, kann nur spekuliert werden. Wesentliche Förderung erfuhr die Reichsanstalt sowohl bei ihrer Gründung als auch beim folgenden Aufbau der Station und der Fachrichtungen von der "Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft", im folgenden kurz NGW (s. HERMANN 1994). Auf einigen noch vorhandenen Bauteilen, wie z.B. Schiebewiderständen oder dem erhalten gebliebenen Telefunken-Empfänger eines Zeppelins aus der ersten Zeitempfanganlage der R.A.E. (wie oft die neue Reichsanstalt abgekürzt wurde), sind die Inventarschilder "EIGENTUM der NGW" vorhanden, die ausweisen, daß diese Gegenstände für Forschungszwecke zeitweilig zur Verfügung gestellt waren. Aber es gab auch Gelder für Stellen und Zuschüsse für den Aufbau von Apparaturen, wo dann die Finanzierung in irgendwelchen 'Innereien' eines größeren Gerätes steckte und nicht mehr so offensichtlich war. Hecker selbst hat das am Beispiel der Seismographen der neuen Station aber klar ausgewiesen.

Für den Aufbau einer Seismischen Zentralstation in der R.A.E. hatte HECKER (1924) ebenso wie für die Neugründung hohe Maßstäbe gesetzt: *"Vor allem aber handelte es sich darum, ein neues Institut zu schaffen, das die Arbeiten der Straßburger Hauptstation in erweitertem Umfange wieder aufnehmen und fortführen könnte."* Das bedeutete

für die seismische Station eine Instrumentierung anzustreben, die an die Straßburger anknüpfte, und nicht hinter der anderer deutscher Stationen zurückstand. Dafür war die 1921 erstellte Übersicht über die Stationen und ihre Ausrüstung (vgl. Tab. 1) eine Grundlage. Aus diesem Vergleich stellte Hecker folgende Forderungen für die neue Station auf:

1. Astatiches Horizontalseismometer, 1200 kg, nach Wiechert (das schon in der Sternwarte betriebene Instrument; umzusetzen in die neue Station),
2. Vertikalseismometer, 1300 kg, nach Wiechert (aufzubauen mit Hilfe der NGW bei der Beschaffung der Federn aus Kruppschem Spezialstahl),
3. 18-Tonnen-Pendel nach Wiechert (mit Hilfe der NGW; zur damaligen Zeit nur in Göttingen vorhanden als 17-Tonnen-Pendel, ebenso früher in Straßburg),
4. Übernahme von Geräten aus der alten Station mit fotografischer Registrierung: Rebeur-Ehlert-Pendel, Rebeur-Hecker-Pendel, Schmidtsches Trifilargravimeter,
5. Vertikalseismometer nach Straubel ,
6. Erschütterungsmesser zur Untersuchung von Industrie- und Verkehrserschütterungen (Spindler & Hoyer-Gerät sowie neuere eigener Konstruktion nach Hecker),
7. 400-kg-Bifilarpendel nach Mainka-Bosch (nach späteren Aussagen von Sponheuer war das Gerät, das von der NGW stammte, längere Zeit auf Island in Betrieb),
8. Einrichtung zur Aufnahme der Funksignale (mit Hilfe der NGW bestand sie bereits 1924 aus einer Rahmenantenne mit 1,2 m Seitenlänge, 4fachem Röhrenverstärker - Telefunken-Empfänger aus Zeppelin - , Fuess'schem Chronographen mit Handtaster bzw. Kopfhörer).

Dieses Programm konnte nur schrittweise verwirklicht werden. Hecker hat es aber mit dem Wiechert-Schüler Krumbach ganz konsequent umgesetzt und bei den nächsten Stationsanalysen (1926) auch durchaus schon einmal optimistisch als früher erfüllt ausgewiesen. Neben der Hilfe der NGW wurden die beträchtlichen Eigenleistungen beim Aufbau und der Inbetriebnahme durch die Werkstatt der R.A.E. erbracht. Hier war es vor allem K. Nöthlich, der mit Krumbach den Stationsaufbau betrieb, während J. Bressen für die Arbeiten von Meißer eingeteilt war. Die Grundausrüstung ging zurück bis auf die Drehbank der Fa. Carl Zeiss von 1909, die auch noch in den Nachfolgeeinrichtungen bis zur Demontage der Werkstatt 1991/92 im Institut am Burgweg erhalten war. Die Seismographen waren mit hoher Präzision angefertigt. Das gebot zum einen schon die Jenaer Tradition in der Feinmechanik und Optik, zum anderen die vorhandenen Geräte und nicht zuletzt die Erfahrungen von Hecker aus seiner Potsdamer Zeit und aus der Zusammenarbeit mit M. Fechner im Bau von Horizontalpendeln, Erschütterungsmessern und Seismographen. Hinzu kam das Wissen des jungen G. Krumbach aus seiner Göttinger Zeit unter E. Wiechert. Krumbach verfolgte beim Aufbau der Seismographen in einigen wesentlichen Baugruppen eine konsequente und durchgehende Linie im Sinne einer 'Standardisierung'. Für den Luftdämpfer nach Wiechert, die Zeitmarkierung und später auch für die Registrierungseinrichtungen gab es einheitliche konstruktive Lösungen, die als bewährte Details bei weiteren Geräten immer wieder verwendet wurden.

Nach dem Umsetzen der Geräte aus der Station Sternwarte und dem Aufbau des vertikalen und des 15-Tonnen-

Seismographen in den Jahren 1925/26 ging die neue Station am Fröbelstieg am 1. Okt. 1926 in den kontinuierlichen Betrieb, der mit kleinen Unterbrechungen, wie nach den Bombardements von Jena 1943 und am 9. April 1945, auch bis zur Verlagerung der Station im Laufe des Jahres 1963 nach Moxa bei Ranis (Saale-Orla-Kreis), ca. 50 km von Jena entfernt auf ruhigem Untergrund, andauerte.

Abb. 4 zeigt G. Krumbach mit verständlichem Stolz in der fertigen Station von 1926 vor dem neu geschaffenen 15-Tonnen-Pendel; im Vordergrund links der Wiechert-Seismograph von 1904. Die Stationsausrüstung wurde im Laufe der nächsten 10 Jahre nicht wesentlich erweitert, erst 1934/35 war das Probejahr für die zweite Komponente (NS) des 15-Tonnen-Pendels, das am 1. Okt. 1935 in den Dauerbetrieb bis 1964 ging. Mit den optischen Pendeln der alten Station wurde nicht wieder registriert, und auch das Straubel-Seismometer wurde nach dem Abbau in der Station Sternwarte nicht wieder in Betrieb genommen. Man weiß nicht die genauen Gründe dafür, aber sicher sind einige Argumente gegen den Betrieb auszumachen. Erstens gab es ab 1926 ein 15-Tonnen-Pendel, mit dessen Registrierungen der Göttinger Station Straubel es gerne verglichen hatte (EPPENSTEIN 1908); da war also keine Notwendigkeit mehr für das optische Seismometer vorhanden. Zweitens war das Papier für die Geräte mit fotografischer Registrierung teuer. Drittens benötigen optische Seismometer einen lichtdichten Einbau für Seismometer und Registrierungseinrichtung und wie im Falle des Straubel-Seismometers einen sehr großen Lichtweg (5m). Das war zwar baulich einkalkuliert worden, zeigte sich aber in der Kombination mit den mechanisch registrierenden Seismographen im Stationsdienst als umständlich. So verzichtete man also auf dieses Seismometer, und hatte statt dessen eine neue Seismische Station, die man bei Licht betreten konnte, wo Papierwechsel und Eichung einfach durchzuführen und in der die Registriergrundlage, die Rußstreifen, selbst herzustellen waren.



Abb. 4: Station Jena in der R.A.E. Jena unter G. Krumbach (nach 1926)

Die wissenschaftlichen Veröffentlichungen zwischen 1923 und 1932 waren durch zahlreiche Beiträge zur Seismik, zu Handbuchartikeln in bedeutenden Reihen und durch die Dissertationen und Habilitationen der Mitarbeiter - viele schon an der Universität Jena - gekennzeichnet. Hecker ebnete mit seiner wissenschaftlichen Reputation die Wege für seine Mitarbeiter und Schüler und trat nur mit Meißer in einem gemeinsamen Handbuchartikel über "Irdische Schwere" selbst auf (Handb. phys. techn. Mechanik 1928). So sind die heute noch interessanten Artikel im "Handbuch der Experimentalphysik (Wien-Harms)" 1930, im "Handbuch der Geophysik" 1931, im "Handwörterbuch der Naturwissenschaften" 1932 von Krumbach, Martin, Meißer und Sieberg verfasst worden.

Die klassische Periode der Gründung der Reichsanstalt, des Aufbaus einer leistungsfähigen Station und der Herausgabe Seismischer Berichte, der Etablierung der Wissenschaftler in der wissenschaftlichen Welt und des Aufbaus entsprechender Beziehungen wurde mit der Pensionierung Heckers 1932 schon in gewissem Sinne abgeschlossen. Die R.A.E. war zwar von Anfang an in der Weimarer Republik dem Innenministerium des Reiches unterstellt und seine leitenden Mitarbeiter waren Regierungsräte und Oberregierungsräte - Hecker als Direktor schon von Straßburg her Geheimrat -, aber Parteizugehörigkeit und politische Betätigung waren Privatsache und an der R.A.E. schon mehr die Ausnahme. Statt dessen pflegte man den wissenschaftlichen Austausch und den gesellschaftlichen Verkehr mit Menschen gleichen Interesses aus Wissenschaft, Industrie und Institutionen, auch in Verbindungen. Das sollte sich jedoch schon 1933/34 wesentlich ändern. Hecker starb 1938. Straubel war nur noch bis 1933 in der Zeiss-Geschäftsleitung und starb allseits betrauert 1943.

Die R.A.E. 1932 - 1945 unter A. Sieberg

Mit der kommissarischen Leitung der R.A.E. wurde 1932 A. Sieberg betraut. Er war 1919 nach Jena gekommen und hatte sich dort sofort wieder seiner wissenschaftlichen Arbeit, der Erdbebengeographie und der Erdbebenforschung mit Vorlesungen, Monographien und Veröffentlichungen gewidmet und geholfen, die Gründung der R.A.E. voranzutreiben. Nach Hecker war er damit der wissenschaftlich bekannteste Mitarbeiter der R.A.E., die ihm deshalb als Leiter anvertraut wurde. Da jedoch nach 1933 die Zugehörigkeit der R.A.E. - die ihren Namen behielt - zum Innenministerium nicht mehr ohne Bedeutung war und Parteizugehörigkeit wesentlich wurde, mußte Sieberg sogar bis 1936 auf seine Ernennung zum Direktor warten. Es war auch notwendig, die 'neue Zeit' in der R.A.E. mit der Verabschiedung einer "Besonderen Geschäftsordnung vom 14. April 1934" zu betonen, die vom Reichsminister des Innern genehmigt worden war. Zu den Aufgaben heißt es dort u.a.: *"Reine und angewandte Forschung auf solchen Gebieten von Erdbebenkunde und anderen Zweigen der Geophysik, die besondere wissenschaftliche Tragweite für die Theorie und für den Gesamtbereich der Volkswirtschaft unter weitgehender Bevorzugung der Wirtschaftsbedürfnisse in Deutschland erlangen, bildet den Aufgabenkreis der Reichsanstalt für Erdbebenforschung. Dementsprechend stehen neben der grundlegenden theoretischen Forschung im Vordergrund: Entwicklung zeitgemäßer, neuer Arbeitsmethoden und Instrumente einschließlich der*

geologischen Deutung der Beobachtungsergebnisse; Prüfung von Brauchbarkeit und Genauigkeit in Laboratorium und Gelände, Beratung bei Fragen der Technik, des Verkehrswesens, des Bergbaues u. dgl."

Hier waren also noch einmal die instrumentellen Arbeiten fixiert. Sie liefen im wesentlichen im Sachgebiet Erdbebenforschung unter Sieberg ab, in dem Krumbach weiterhin für die Station verantwortlich war. Aber ebenso liefen in dem anderen Sachgebiet Angewandte Geophysik unter Meißer ohne große Trennung instrumentelle und theoretische Arbeiten von Martin und Schmerwitz, die später auch Bedeutung für neue oder verbesserte Seismometer und die Station erlangten. Bis 1945 wurde in dieser Arbeitsteilung in der R.A.E. geforscht, ab 1939 mit verringerter Personalstärke, da Meißer 1940 an die Bergakademie nach Freiberg ging und Schmerwitz "im Felde war" und leider nicht zurückkam.

Die Forschungen zur Seismometrie

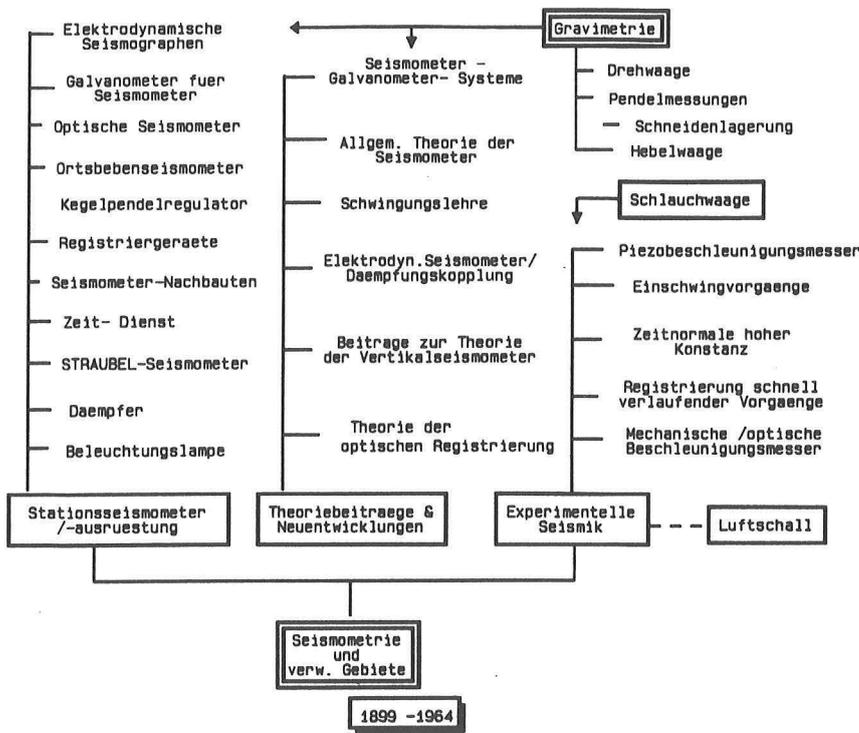
Blickt man zurück auf die in der R.A.E. geleisteten instrumentellen Arbeiten und auf die theoretischen Beiträge zu Instrumenten, so kommt man auf den Überblick in Abb. 5. Es sind hier auch schon Arbeiten aus den Nachfolgeeinrichtungen der R.A.E. ab 1945 bis 1964. mit dargestellt. Unter dem Oberbegriff *Seismometrie und verwandte Gebiete* sind einzelne thematische Säulen als Unterteilung gewählt.

Bei den Stationsseismometern und der Stationsausrüstung sind die schon erwähnten Seismometer aufgeführt bis hin zu den neuen elektrodynamischen Seismometern von Ullmann und Teupser (1960/1963). Hier ist in dieser einheitlichen Darstellung der wissenschaftlichen Felder schon ein großer historischer Sprung in der Entwicklung der R.A.E. und des Nachfolgeinstituts vollzogen. Das wird jedoch später gemeinsam mit der Entwicklung der Station und deren Erweiterung mit neuen Instrumenten noch einmal in chronologischer Reihenfolge ausgeführt.

An theoretischen Beiträgen sind zuerst die von Meißer zur optischen Registrierung (1934) und zum Vertikalseismometer (1937) zu erwähnen, denen die stark beachteten Ergebnisse von Schmerwitz (1936/1938) zur Dämpfungskopplung bei elektrodynamischen Seismometern folgen, ebenso die Schwingungslehre von Martin (1934) und die Ende der 50er Jahre einsetzenden systematischen Arbeiten zur allgemeinen Theorie der Seismographen von Ullmann und zum komplexen Seismometer-Galvanometer-System von Teupser, die teilweise die Arbeiten ihrer Kollegen aus den 30er Jahren in neuer Auffassung und mit tieferer mathematischer Durchdringung fortführen.

In der experimentellen Seismik geht Martin (1935/1937) mit einem mechanisch-optischen Beschleunigungsmesser, der nur mit Blattfedern aufgebaut ist, neue Wege, und liefert Beiträge zur Registrierung, zu Zeitnormalen und zu Einschwingvorgängen ganz allgemein. Von Herrmann (1934/1938) gibt es Beiträge für neue Piezobeschleunigungsmesser, auch mit Meißer (1935), die leider nach 1939 in Jena nie fortgeführt wurden. Ein experimentelles Muster aus diesen Forschungsarbeiten konnte für ein Museum gerettet werden.

Abb. 5: Forschungen zur Seismometrie 1899 bis 1964 in Jena im Überblick



Wissenschaftliche Arbeiten, die auch im Zusammenhang mit der Seismometrie auf dem instrumentellen Sektor zu sehen sind, waren auf dem Gebiet der Gravimetrie die Arbeiten von Meißer und Schmerwitz zur Hebelwaage, zu Pendelmessungen und deren Einzelheiten aus den Jahren 1930 bis 1940 und von Hecker 1922 zur Drehwaage.

Ebenso kann man Beziehungen zu den Arbeiten von Meißer zu Luftschallregistrierungen und von Martin zum Einsatz der Schlauchwaage feststellen.

Die Seismometer der Station

Die weitere Entwicklung der Station und deren Ausstattung mit weiteren neuen Seismometern war von der oben beschriebenen Forschungstätigkeit nicht losgelöst. Im Vordergrund standen natürlich weiterhin kontinuierliche Registrierungen mit gut geeichten Geräten, und Experimente wurden aus dem Stationsbetrieb herausgehalten, neue Geräte erst eingeführt, wenn sie sich im Parallel-Lauf zu den Stationsgeräten über eine entsprechend lange Zeit bewährt hatten. In Tab. 2 ist eine Übersicht über die Seismometer der Station Jena bis 1964 gegeben. In Erweiterung der Darstellung bei UNTERREITMEIER & KOWALLE (1994) sind einige zusätzliche Details berücksichtigt worden. Die Instrumente sind mit ihren Daten aus dem Betrieb oder der Erstveröffentlichung vorgestellt, und ihr Verbleib nach der Außerbetriebnahme ist angezeigt. Dazu ist historisch ein Vorgriff auf das ab 1972 in Betrieb befindliche Seismologische Kabinett des Museums Burg Ranis (UNTERREITMEIER & SCHACHE 1982) und seine Erweiterung zur Museumsabteilung Seismologie getan.

Nach der schon erwähnten Fertigstellung der Registriereinrichtung für die 2. Komponente (N-S) des 15-Tonnen-Pendels (daß es bei 15 t seismischer Masse gegenüber den von Hecker angeführten 18 t für das Zielvorhaben

1924 blieb, hat später offensichtlich in der Wertigkeit der Station keine Rolle mehr gespielt) wurde es möglich, an die Realisierung eines langperiodischen Kegelpendels zu gehen. Dazu griff Krumbach auf die Teile des ehemaligen Mainka-Pendels von 400 kg zurück und baute damit ein Kegelpendel von 200 kg seismischer Masse. Dabei wurde der schon zuvor mehrfach gebaute Luftdämpfer nach Wiechert eingesetzt und die ebenso einheitliche Registriereinrichtung, die KRUMBACH (1944) später generell mit dem Kegelpendelregulator ausstattete. Dieses Pendel, das auch weiterhin als Mainka bezeichnet wurde, ging 1936 in den Stationsdienst, machte den Umzug in die spätere Station Moxa mit, registrierte dort bis 1971 und ist seit 1972 im Museum Burg Ranis mit einer abgewandelten Tintenregistrierung in Funktion ein Publikumsmagnet. Mit diesem Nachbau 1936 war eigentlich eine Etappe abgeschlossen und Krumbach konnte, auch in Verbindung mit den von Anderen inzwischen geleisteten Forschungsarbeiten, daran gehen, *seine* Seismometer zu entwickeln. Als erstes ging es um ein Ortsbebenseismometer in zwei Komponenten für den Einsatz in Gebieten mit Erdbebenaktivität, insbesondere in Verbindung mit den Forschungsaktivitäten Siebergs, das dann auf dem Balkan eingesetzt wurde (Sofia, 1942; Budapest, 1943). Dieser mechanisch registrierende Seismograph war ab etwa 1937 ebenfalls an der Station aufgestellt, und seine Registrierungen wurden auch ab 1941 mit zur Auswertung herangezogen (KRUMBACH 1944). Ebenso hatte sich Krumbach mit dem Projekt für ein optisch registrierendes Seismometer mit kleinen Abmessungen und akzeptablem Gewicht ab ca. 1937 beschäftigt und auch hier Ergebnisse des Hauses nutzen können. Ab 1938 verfügte er über das gewünschte Gerät in einer Horizontal-Variante mit einer seismischen Masse von nur 4 kg und einer Vergrößerung von 100, später bis ca. 2000, und ab 1944 in einer Vertikalvariante, die dann ab 1955 im Stationsdienst

Tab. 2: Die Seismographen der Jenaer Station

Gerätename	Betriebsbeginn	Typ	Polarität	Hersteller	M [kg]	T _r [s]	V	Betriebsende	Inst. sammlg.	Verbleib
Rebur-Ehler-Pendel	1900	optisch	3 H	Fa. Bosch, Straßburg	(0,2)	... 12	(1910)	1926	Schrott-1970
Rebur-Hecker-Pendel	1904	optisch	2 H	modifiziert, Fa. Zeiss, Jena	(0,2)	?	1926	Schrott-1970
Astat. Wiechert-Pendel	1904	mechan.	2 H	Fa. Barthels, Göttingen	1.200	... 4 ...	200	(1964)	→	Station Moxa
Straubel-Seismometer	1906	optisch	V	Seism. Station + Fa. Zeiss	8,5	6,6	2.000 ...	(1919)	1926	einzelne Teile sind noch erhalten worden
Vertikaler Wiechert (Hecker-Krumbach)	1926	mechan.	V	Institutswerkstatt (Nöthlich)	1.300	5	120	1964	→	Schrott-1964
Großes Pendel-EW (Hecker-Krumbach)	1926	mechan.	H	Institutswerkstatt (Nöthlich)	15.000	1,4	2.200	1964	→	Schrott-1964
Großes Pendel-NS (Krumbach)	1935	mechan.	H	Institutswerkstatt (Nöthlich)	15.000	2,1	2.200	1964	→	Schrott-1964
Kegelpendel-Mainka (Krumbach)	1936	mechan.	H (EW)	Institutswerkstatt (Nöthlich)	200	28	25	(1964)	→	Station Moxa Museum Ranis 1972
Ortsbebenseismometer (Krumbach)	1937	mechan.	2 H	Institutswerkstatt (Nöthlich)	100	3	100	(1949)	→	Ausland?
Horizontal-Seismometer HS (Krumbach)	1938	optisch	H	Institutswerkstatt (Nöthlich)/ Brieselang	4	... 20	2.000 ...	(1964)	→	Station Moxa Museum Ranis 1972
Kegelpendel-Mainka (Krumbach)	1949	mechan.	H (NS)	Fa. Zeiss, Jena	150	23	23	(1964)	→	Station Moxa Schrott-1971
Vertikaler Galitzin	1953	galv.	V	Institutswerkstatt (Bressem-1935)	24	... 20	(1000)	1954	1955	Museum Ranis 1972
Vertikalseismometer VS (Krumbach)	1955	galv.	V	Institutswerkstatt (Nöthlich)/ Brieselang	4	2,4	2.000	(1964)	→	Station Moxa Museum Ranis 1972
HSJ - I (Ullmann u. Teupser)	1960	galv.	H	Institut/Brieselang (Bressem u.a.)	5	20	950	(1964)	→	Station Moxa
Vertikalseismometer (Teupser nach Krumbach)	1963	galv.	V	Institutswerkstatt (Bressem; Pfotenhauer)	(5)	2,2	23.000	1964	→	Station Moxa Museum Ranis 1982
mobile Geräte:										
Blattfederseismometer (Martin)	1935/38	optisch	H	Institutswerkstatt (Bressem)	(0,6)	1,7	550	(1954)	(1954)	Museum Ranis 1982
Blattfederseismometer (Martin)	(1938)	optisch	V	Institutswerkstatt (Bressem)	(0,6)	(1)	?	(1954)	(1954)	Museum Ranis 1982

eingesetzt wurde. Vor 1945 war das Gerät bereits "für Sonderaufgaben und seismische Geländearbeiten" (Krumbach) eingesetzt. Mit dieser Entwicklung war ein Gerät mit einer ähnlichen Vergrößerung wie das Straubel-Seismometer von 1906 vorhanden, allerdings in 3 Komponenten und mit viel geringeren Abmessungen und daher transportabel. Das fotografische Prinzip hatte sich inzwischen auch durchgesetzt, es war im eigenen Hause hierzu von Meißer und Martin gearbeitet worden, und die Kosten für das Fotomaterial waren nicht mehr der bestimmende Faktor.

Das Zentralinstitut für Erdbebenforschung und die ihm nachfolgenden Einrichtungen

Ende 1945 verstarb A. Sieberg und G. Krumbach trat erst einmal provisorisch die Nachfolge an. Das Jenaer Haus erhielt den Namen "Zentralinstitut für Erdbebenforschung" (Z.I.E.) und Krumbach wurde Direktor. Für die Station wurde von der Fa. Carl Zeiss eine zweite Mainka-Komponente gebaut und ab 1949 als N-S-Komponente im Stationsbetrieb eingesetzt; 1971 dann von MOXA aus verschrottet. Außerdem baute die Fa. Carl Zeiss für das Z.I.E. eine Quarzuhrenanlage nach dem Prinzip von Scheibe-Adelsberger (Doppelthermostat, E-Röhren der 12er Serie), die bis etwa 1970 ständig als Zeitbasis im Institut - bis 1964 in der Station Jena - genutzt wurde.

Anfang der 50er Jahre wurde auch die systematische Entwicklungsarbeit an elektrodynamischen Seismometern mit galvanometrischer Registrierung aufgenommen, die über viele Jahre ein Schwerpunkt der Jenaer Seismometrie bleiben sollte. Der Anfang ist wohl in der Diplomarbeit von H. KÖHLER (1953) zu langperiodischen Seismometern zu sehen. Damit dürfte in Zusammenhang gestanden haben, daß ein seit etwa 1935 in der R.A.E. vorhandenes vertikales Galitzin-Seismometer, zu dem Bressem wesentliche Teile für seine Meisterprüfung angefertigt hatte, nun zum ersten Mal ein Jahr im Stationsbetrieb (1953/54) arbeitete. Das vertikale Krumbach-Seismometer, das als ausgereifte Konstruktion mit den horizontalen Komponenten und galvanometrischer Registrierung später vom "VEB Geophysikalischer Gerätebau Brieselang" produziert und international auf Messen angeboten wurde, wurde ab 1955 im Stationsdienst eingesetzt. Während das noch ein gewisses Nachholen war, gingen neue Geräte aus den Forschungsarbeiten von Teupser und Ullmann 1960 und 1963 in den Probebetrieb für die Stationsaustattung. Das war noch in der Station am Fröbelstieg, aber schon im neuen Haus am Burgweg 11 in Jena. Krumbach hatte mit Umsicht und Beharrlichkeit um einen Neubau mit mehr Platz gerungen, der dann von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Forschungsgemeinschaft) errichtet wurde. Ende 1955 verstarb Krumbach im 61. Lebensjahr und erlebte nicht mehr die Einweihung des Neubaus. Sein Nachfolger

wurde H. Martin, der kurz nach ihm in die R.A.E. eingetreten war; das Institut hieß inzwischen "Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung".

Die neue Station in MOXA

Ein direkt am Institut Burgweg geplanter Labor- und Stationsbau kam nicht zur Ausführung, da er nicht mehr sinnvoll war; stattdessen wurde nach einem mikroseismisch ruhigen Standort für eine neue Station gesucht und in einer Entfernung von ca. 50 km von Jena gefunden. Die Wahl fiel auf ein Tal nahe dem Ort Moxa bei Ranis im Gebiet der Saaletalsperren. Dort wurde ab etwa 1962 die Station MOX in die Südseite eines Berghanges hineingebaut sowie ein Wohnhaus für die Stationsbetreuung errichtet. Das erfolgte unter der Federführung von W. Sponheuer (1961), der ab 1936/37 unter Sieberg in der R.A.E. in der Erbebenforschung und Makroseismik seine akademische Laufbahn begonnen hatte, und der nach der Pensionierung von H. Martin kommissarischer Leiter des Jenaer Instituts wurde. 1963 war der Baufortschritt so groß, daß Ch. Teupser mit sondierenden Registrierungen in der neuen Station mit einem modifizierten Vertikalseismographen nach Krumbach mit einer bis dahin in Jena nicht üblichen Bodenvergrößerung von 23.000fach beginnen konnte. Dieses Gerät wurde 1982 rekonstruiert und in den Museumsbestand auf Burg Ranis, 5 km von der Station Moxa entfernt, aufgenommen. Da diese Registrierungen zufriedenstellend ausfielen und die Wahl des Standortes bestätigten, wurde 1963 in Jena mit der Demontage der Mainka-Seismographen begonnen (ab 10. März 1963 NS-Komponente, ab Mai 1963 EW-Komponente), die dann in Moxa wieder in Betrieb genommen wurden. 1964 war in Moxa der erste vollständige Registrierjahrgang. Es wurde dort in den ersten Jahren auch mit optischen Krumbach-Seismometern registriert. Dem folgten nach und nach andere Seismometer zur Vollausrüstung der Station, die aber auch weiterhin noch viel Platz für Experimente und Probergeräte bot.

Die anderen Seismographen der Jenaer Station wurden Ende September 1964 abgebaut, der 'horizontale Wiechert' von 1904 wurde in Moxa wieder für viele Jahre in Betrieb genommen, das 15-Tonnen-Pendel und der 'vertikale Wiechert' wurden verschrottet. Ein gegossener Sockel im Großen Seismographenraum der Station Moxa hat noch heute seltsam anmutende Konturen, die darauf verweisen, daß man ursprünglich das 15-Tonnen-Pendel nach Moxa umsetzen wollte.

Epilog

Die ersten Pendel der Station in der Sternwarte waren auch nach dem Bezug des Hauses Burgweg zusammen mit einigen Drehwaagen, Luftschallmessern, transportablen Messapparaturen, Teilen der älteren Erschütterungsmesser sowie vielen Ausrüstungsgegenständen der ehemaligen R.A.E. und unikalen Aufbauten in der Gerätesammlung erhalten. Anfang der 70er Jahre gab es bedingt durch Raummangel mehrere Verschrottungsaktionen, denen fast alles Historische aus dem Instrumentensektor zum Opfer fiel. Für die Sammlung auf Burg Ranis konnte erst gesammelt werden, als es für den 1971 demontierten originalen Mainka (Umbau nach Krumbach) kein geeignetes Museum

gab - da war es schon fast zu spät (UNTERREITMEIER & SCHACHE 1983).

Schließlich kam Meißer doch noch einmal nach Jena, als er von Freiberg aus ab 15. Feb. 1964 das Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena und die Arbeitsstelle für Praktische Geophysik in Freiberg zum Institut für Geodynamik für zwei Jahre in Jena vereinigte und Direktor wurde. 1966, kurz nach seinem Ausscheiden, verstarb er plötzlich.

Mit ihm endete aber auch eine ca. 20 jährige Nachkriegszeit, in der nach Sieberg noch Mitarbeiter aus der ehemaligen R.A.E. Leiter der Jenaer Forschungseinrichtung waren und in der Parteizugehörigkeit noch nicht wieder entscheidend war. Von 1966 an bis zur Schließung des Nachfolgeinstitutes ZIPE mit dem 31. Dez. 1991 war das dann anders. Das kann hier bei dem so kurzen Abstand zu den Ereignissen noch nicht behandelt werden und paßt auch nicht zum selbstgewählten Thema. Derzeit gibt es in Jena keine Seismometrie mehr. Die Reste der beiden starken Abteilungen vom Ende der 80er Jahre mit zwei Wissenschaftlern und zwei Ingenieuren sind im GFZ Potsdam in der Geräteentwicklung/Seismologie engagiert tätig.

Historisch hat sich der Kreis zu Hecker geschlossen, der 1911 von Potsdam aufbrach, um Direktor der Kaiserlichen Hauptstation in Straßburg i.E. zu werden.

Ganz herzlich habe ich Frau Edith Straubel, Vorderhindelang, für das Porträt ihres Schwiegervaters und für biographische Hinweise zu danken. Herrn Dr.habil. W. Ullmann, Jena, bin ich dafür dankbar, daß er mich ermutigt hat, mit der historischen Aufarbeitung unseres gemeinsamen Arbeitsgebietes Seismometrie nicht aufzuhören. Herrn Manfred Brunner, Jena, danke ich schließlich für die Hilfe bei der Erschließung von originalen Fotos aus der R.A.E. und deren Station.

Literatur

(1925): Die Erdbebenwarten von Deutschland und Österreich im Jahre 1925. - Zeitschr. für Geophys. 1:285-296.

(1925): Mitgliederverzeichnis DGG 1925. - Zeitschr. für Geophys. 1: 173-176.

(1934): Besondere Geschäftsordnung für die Reichsanstalt für Erdbebenforschung vom 14. April 1934. - Jena (nur für den Dienstgebrauch).

(1955): Geophysikalischer Gerätebau Brieselang, VEB: Prospekt Krumbach-Seismometer.

EHLERT, R. (1898): Das dreifache Horizontalpendel. - Gerlands Beitr. zur Geophys. 3: 480-494.

EPPENSTEIN, O. (1908): Das Vertikalseismometer der seismischen Station zu Jena. - Gerlands Beitr. Geophys. 9: 593-604.

GERMANN, D. (1979): Die seismische Station an der Universität Jena und die Neugründung einer deutschen Zentralstation für Erdbebenforschung 1923. - in: Geschichte der Seismologie, Seismik und Erdzeitenforschung, Tagung in Eisenach vom 5. bis 7. Dezember 1979; Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 64.

GÜTH, D., GERMANN, D. & STELZNER, J. (1974): Zur Geschichte der Forschungseinrichtungen für Seismologie in Jena von 1899-1969. - Potsdam (Zentralinstitut für Physik der Erde).

HECKER, O. (1896): Das Horizontalpendel. - Zeitschr. für Instrumentenkunde: 2-16.

- HECKER, O. (1901): Ueber die Vortheile der Anwendung von Instrumenten mit Dämpfung für die Erdbebenforschung. - Zeitschr. für Instrumentenkunde: 81-83.
- HECKER, O. (Hrsg.) (1921): Die Erdbebenwarten Deutschlands und Deutsch-Österreichs nach dem Stande vom November 1921. - Veröff. der Hauptstation für Erdbebenforschung in Jena, früher Straßburg i. Els.; Jena.
- HECKER, O. (Hrsg.) (1922): Mitteilungen der deutschen Erdbebenwarten sowie einiger Auslandsstationen über die Aufzeichnungen des Bebens vom 17. Jan. 1922. - Veröff. der Hauptstation für Erdbebenforschung in Jena, früher in Straßburg i. Els.: Jena.
- HECKER, O. (1924): Zur Gründung der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena. - Veröff. R.A.E. in Jena. H.3: 3-9.
- HERMANN, A. (1994): Einstein. Der Weltweise und sein Jahrhundert. Eine Biographie. - : 58-59; München.
- KÖHLER, H. (1953): Gesichtspunkte für die Neukonstruktion von langperiodischen Vertikalseismometern. - Diplomarbeit Phys. Inst. Friedrich-Schiller-Universität, Jena.
- KRUMBACH, G. (1944): Kap. III. Mikroseismik in: Tätigkeitsbericht der R.A.E. in Jena (Okt. 41 - Sept. 44). - Veröff. R.A.E. H. 45: 12-14; Berlin.
- MAAZ, R. (1974): Zwei Jubiläen in einem Jahr. Seismologie in Jena. - Sozialistische Universität 5: 6; Jena.
- MARTIN, H. (1964): Geophysikalische Betrachtungen zur Tunguska-Katastrophe 1908. - Wiss. Zeitschr. Karl-Marx-Universität, Leipzig, Math. nat. R. 13. 401.
- MEIBER, O. (1964): Begrüßungsansprache anl. 7. Tagung CSE in Jena 1962. - Veröff. I.B.E. Jena. H. 77: 10-11; Berlin.
- PECHAU, W. (1914): Absorption und Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hauptbebenwellen. - Gerlands Beitr. zur Geophys. 13: 205-216 und 261-282.
- SCHOMERUS, F. (1944): Prof. Straubel zum Gedächtnis. - Zeiss-Werkzeitung H. 1.: Jena.
- SPONHEUER, W. (1961): Eine neue seismische Station in Moxa (Thüringen). - Urania 24: 22; Berlin.
- STRAUBEL, R. (1898): Ueber die Bestimmung zeitlicher Veränderungen der Lothlinie. - Gerlands Beitr. zur Geophys. 3: Leipzig.
- STRAUBEL, R. (1902): Beleuchtungseinrichtungen und Beleuchtungsprinzipien bei photographischer Registrierung. - Gerlands Beitr. zur Geophys. Erg. Bd. 1: 290-304; Leipzig.
- TEUPSER, Ch. (1981): Seismologische Forschungen in Jena seit 1923. - in: Geschichte der Seismologie, Seismik und Erdgezeitenforschung, Tagung in Eisenach vom 5. bis 7. Dezember 1979; Veröff. Zentralinst. Phys. Erde 64: 190-197; Potsdam.
- UNTERREITMEIER, E. & SCHACHE K. (1983): Das Seismologische Kabinett im Museum Burg Ranis. - Neue Museumskunde 26(1): 21-25; Berlin.
- UNTERREITMEIER, E. & KOWALLE G. (1994): Seismometry in Germany - Demonstrated by the equipment of the seismological station Jena/Moxa (1900-1975). - CSE Athen 1994 (in press).
- VOIT, Th. (1974): Bibliographie 1922 - 1973. 50 Jahre Seismologische Forschung in Jena. - Veröff. Zentralinst. Phys. Erde H. 28; Potsdam.
- WIECHERT, E. (1903): Theorie der automatischen Seismographen. - Abh. der Kgl. Ges. der Wiss. Göttingen NF 2. Nr. 1; Berlin.

Index

- Abbe, E. 217; 218
Acker, L. 37
Adler, D. 201
Agricola, G. 65
Ahorner, L. 28
Almstedt, K. 19
Amelung, U. 48; 49; 52
Anderson, Don L. 22
Andrée, K. 15; 19
Angenheister, G. jun. 12; 19; 115; 119; 120
Angenheister, G. sen. 14; 19; 24; 110; 111
Ansel, E.-A. 19
Auer, F. 35
Aulbach, E. 36; 37
- Baeyer, J.J. 183
Bahr, K. 25; 37; 112
Baier, B. 35; 36
Band, G. 72; 73
Bartels, J. 8; 19; 22; 40; 41; 47; 94; 110; 111; 113; 120
Bateman, H. 110
Baule, H. 22; 23; 28; 99; 100; 101; 122
Baumann 38
Baumeister, C. 124
Baumjohann, W. 126
Beblo, M. 117; 120
Beck, R. 87
Becker, H. 120
Beheng, K.D. 74
Behr, H.-J. 149; 152
Ehrens, J. 55
Beiersdorf, H. 45
Bein, E. 211
Bequerel, A.C. 164
Berckhemer, H. 13; 19; 21; 22; 34; 35; 36; 37; 103; 137
Berg, H. 28; 72
Berger, R. 19
Berger, U. 74; 75
Berghaus, H. 94
Berkhold, A. 21; 119; 120
Best, A. 20
Betz, D. 145; 152
Bidlingmaier, F. 117; 131
Biermann, L. 22
Birch, F.A. 167
Bischof, C.G. 163; 165; 166
Bjerknes, V. 68
Bleil, U. 127
Blindow, N. 124; 125; 126
Bock, R. 40; 41
Boerhaave, H. 166
Bohne, G. 27
Böhnecke, G. 19; 20
Böhnel, H. 127
Boldt, G. 125
Bombosch, A. 125
Bopp, M. 120
Börger, C. 128; 129; 131
Borrass, E. 182
Bortfeld, R.K. 55; 146; 149; 152
- Boulanger, Ju.O. 184
Brandes, W. 65
Brasse, H. 95
Bressem, J. 221
Brockamp, B. 14; 21; 24; 34; 121; 122; 123
Brocke, A. vom 85
Brocks, K. 9; 19; 21
Bruhns, K.C. 65
Brüning, K. 126
Brunner, M. 225
Bruns, H. 68
Brüstle, W. 36
Buben, J. 207
Bubnoff, S. von 144
Buch, L. von 93
Buchheim, W. 20, 88; 89
Buffon, G.L. LeClerc de 163; 165; 166
Bühler, O. 120
Bullard, C.F. 165
Buntebarth, G. 25
Burkhart, K. 117
Burmeister, F. 19; 117
Buttkus, B. 45
Byl, J. 185
- Carignan, G.R. 156
Cassini, G.D. 164
Casten, U. 100
Chamberlin, T.C. 167
Chapman, S. 22; 41; 110
Christensen, U. 23; 50; 114
Clauser, C. 25, 57
Closs, H. 13; 19; 20; 21; 22; 26; 43; 44; 56; 57; 145; 150
Cordier, P.L.A. 163; 166
Crawford, J. 173
Credner, H. 65; 66; 206; 207; 210
Creutzburg 57
- Dahm, T. 36
Dameris, M. 74
Danckwardt, E. 52
Darwin, G.H. 185
Dedolf, M. 37
Defant, A. 20; 22
Degutsch, M. 123; 125; 127
Deppermann, K. 44
Descartes, R. 163; 166
Dieminger, W. 12; 14; 15; 19; 20; 21; 24
Dietrich, G. 22
Dismer, P. 172
Dohr, G. 51; 146; 149; 152
Dorn, E.F. 164
Dornseif 123
Drees, N. 75
Dresen, L. 100
Drygalski, E. von 131
Dumbs, A. 156
Dunker, E. 164
Dürbaum, H.-J. 13; 19; 21; 23; 44; 46; 57; 146; 152
Dürschner, H. 13

Ebel, A. 73; 74; 75
Ebert, F. 220
Edelmann, H.A.K. 19; 71
Ehhalt, D. 74; 75
Ehlert, R. 217
Ehrhardt, Ch. 87
Elbern, H. 75
Elsasser, W.M. 165
Emmerich, H. 36
Emmermann, R. 147
Engelhard, L. 50; 51; 53
Engelhardt, H. 124; 125
Engelmann, U. 44
Eötvös, L. von 185
Eppenstein, D. 218
Erhard, L. 43
Ernst, R. 53
Errulat, F. 12; 19; 20; 21; 79; 122; 132
Ershkovich 76
Ertel, H. 94
Etzold, F. 66; 206
Everest, G. 163
Evison, F.F. 173

Förtsch, O. 12
Fang, Y. 36
Fanselau, G. 20; 40; 41
Fechner, M. 184; 221
Feldkirchner, Ch. 116
Felix, J. 66
Fertig, J. 19; 52; 55; 71; 152
Feußner, K. 95
Fichte, J.G. 93
Ficker, H. von 39
Fieberg, F. 52; 53
Filchner, W. 14
Fink, Colonel US Army 119
Fischer, A. 212
Fischer, G. 144
Fischer, Gehilfe Lamonts 116
Flathe, H. 49
Fleischer, U. 132
Fluche, B. 20; 57
Flüh, E. 84
Foerster, W.J. 38
Forel, F.A. 134
Forkmann, B. 92; 188
Förtsch, O. 117; 118; 119
Fourier, J.B.J. 163; 166
Fox, R.W. 165
Fraas, E. 134
Fraas, O. 126
Franke, W. 152
Freeden, W. von 128
Fricke, H. 53
Friederich, W. 137
Friedländer, I. 19
Friedrich der Große 93
Friedrich-Wilhelm III 93
Fromm, K. 57
Fuchs, K. 13; 19; 21; 23, 104; 140; 141; 142; 145; 152

Furtwängler, Ph. 182

Galilei, G. 164
Gambey 38
Gambke 49
Gassmann, F. 140
Gauß, C.F. 39; 65; 94; 107; 115; 116
Gebrande, H. 120; 144
Gehrels, T. 76
Georgii, H.-W. 34; 37; 122
Gerecke, F. 201; 207
Gerhard 164
Gerlach, W. 117
Gerland, G. 78; 135; 138; 217; 218; 219
Geyh, M.A. 57
Ghazi, A. 73
Giesbert, R. 124
Giese, P. 13; 22; 23; 26; 92; 95; 96; 97; 119; 145; 152
Giesel, W. 57
Glaßmeier, K.-H. 23; 52; 53; 76; 77; 126
Goerlich, F. 16; 145
Goldmann, M. 77
Goldschmidt, V.M. 166
Göllnitz, O. 87
Götze, H.-J. 95
Graf, A. 117; 132
Grauert, B. 144
Greinwald, S. 15; 21; 25; 57
Große, S. 187
Großfeld, K. 125
Grotewahl 122
Grube 100
Grüneberg, S. 152
Gruntorad 13
Grüss, F. 88
Günther, G. 74
Gutdeutsch, R. 21
Gutenberg, B. 19; 22; 33; 34; 110; 135; 166; 219; 220

Haak, V. 23; 25; 36; 37; 95
Haalck, F. 184
Haalck, H. 40; 182; 184; 185
Haerendel, G. 52
Hahn, A. 19; 57; 152
Hahn, O. 165
Hallenbach, F. 57
Hambach, U. 127
Hänel, R. 19; 25; 57; 146
Hänle, C.F. 163
Hansel, J. 50
Hansen, U. 75
Harjes, H.-P. 23; 28; 44; 45; 51; 99; 103
Hartfeil, A. 117
Hartwig, E. 117; 119
Hass, H. 74; 75
Hasselmann, K. 80; 130
Haubold, W.F. 19
Hauck, C. 124
Haverkamp, B. 127
Hecker, O. 19; 20; 21; 87; 184; 185; 217; 218; 219; 220;
221; 222; 223; 225
Heider, F. 120

- Heim, A. 134
 Heinrich, T. 152
 Heinz, R. 67
 Heitz, W. 16; 54
 Helbig, G. 119
 Helbig, K. 13; 50
 Helmert, F.R. 87; 94; 182; 184; 218
 Helmont, J.B. 134
 Hempel, L. 125
 Henger, M. 35
 Hengler 138
 Hennig, E.W. 172
 Hense, A. 73
 Hergesell, H. 20; 21
 Herglotz, G. 110
 Herminghaus, C. 36
 Herrmann, A. 222
 Herschel, J. 165
 Hertwig, G. 212
 Herwig, S. 211
 Hesse, D. 49
 Hesse, W. 69
 Heyl, P.R. 182
 Hiller, W. 12; 19; 20; 21; 22; 28; 29; 86; 95; 136; 137; 139
 Hinteregger 156
 Hinz, K. 44; 45; 46
 Hinzen, K.-G. 28
 Hire, P. de la 164
 Hirschleber, H.B. 20
 Hofmann, G. 73
 Höller, H. 74
 Holmes, A. 165; 167
 Homilius, J. 57
 Hopkins, W. 166
 Hoppe, H. 125
 Hördt, A. 77
 Hörnchen, I. 37
 Hornung, A. 120
 Hoyningen-Huene, J. von 52
 Hubral, P. 44; 140
 Humboldt, A. von 38; 39; 93; 94; 107; 115; 134; 163
 Humboldt, W. von 93
 Hungeling, A. 125
 Hurtig, E. 152
 Hus, J. 94

 Illies, H. 140; 145
 Inhester, B. 126
 Ipsen, P. 104
 Israelevich 76

 Jacob, K. 35
 Jacobs, F. 13; 19; 23; 25
 Jacobs, J.A. 167
 Jacoby, W. 23; 25; 35; 36
 Jakobs, H.J. 74; 75
 Janettaz, P.M.E. 164
 Janle, P. 84
 Jeffreys, H. 165; 167
 Jentsch, G. 55; 95
 Jödicke, H. 15; 21

 Jödicke, W. 122; 123; 126
 Jonas, Michael 125
 Jonas, Monika 125
 Jones, Alan C. 126
 Jung, H. 54
 Jung, K. 12; 19; 20; 21; 35; 40; 54; 82; 86; 88; 104; 182; 185
 Junge, A. 15; 37
 Junger, A.S. 149

 Kampfmann, W. 36
 Kämtz, L.F. 164
 Kappelmeyer, O. 44
 Karnik, V. 207
 Käselau, K.H. 72; 73; 74
 Kerscher 49
 Kerschgens, M. 77
 Kertz, W. 12; 13; 19; 20; 21; 25; 26; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 104; 111; 145
 Kessels, W. 53
 Kessler, Ch. 75
 Kind, R. 95
 Kircher, A. 163; 166
 Kirk, E. 74
 Kirsten, T. 23
 Kist, R. 156
 Klein, F. 109
 Kleinschmidt, E. 8; 19; 20; 21
 Klußmann, J. 81
 Knett, J. 210
 Kneuper, G. 173
 Knopoff, L. 22
 Knothe, Ch. 89; 90; 91
 Kockel, C.W. 66
 Köckritz, V. 92
 Koenig, M. 21
 Koenigsberger, J. 166
 Kohlrausch, F.L.R. 87
 Kohlschütter, E. 17; 19; 20; 21; 40; 65
 Kohlstock, H. 92
 Kohnen, H. 122; 124; 125; 127
 Koppe, H. 47; 48
 Korn, M. 36
 Körner, D. 212
 Körnig, M. 36
 Korschunow, A. 117; 118; 119
 Kortüm, F. 69
 Kossmat, F. 15; 19; 66; 67; 144
 Krankowski, D. 155
 Krause, E. 81
 Krauß, I. 34
 Krautkrämer, O. 72
 Krenkel, E. 67
 Krey, T.C. 173; 174; 175; 179; 181
 Krüger, B.C. 74
 Krumbach, G. 19; 201; 220; 221; 222; 223; 224; 225
 Krümmel, O. 130
 Kühnen, F. 182
 Kuhnke, F. 52; 53
 Kümpel, H.-J. 84
 Kupffer, A.T. von 163; 164; 165
 Küppers, F. 126

- Kutschke, D. 146
 Lambert, J.H. 164
 Lämmerzahl, P. 155
 Lamont, J. von 115; 116
 Landismann, M. 140
 Landsberg, H. 33; 34
 Lang, H.O. 138
 Lange, M. 84; 127
 Laube, M. 73; 74; 75
 Lauterbach, R. 13; 20; 22; 52; 67; 69; 70; 211
 Lehmann, I. 22
 Lehmann, M. 211
 Lehner, L. 118
 Leibniz, G.W. 65; 163; 166
 Lenz, W. 98; 100
 Leonhardt, E. 116
 Lepsius, von 138
 Less, E. 164
 Leussink 141
 Leydecker, G. 35
 Lichtenberg, G.C. 107
 Lidzba, C. 37
 Liebenow, H.J.B. 165
 Lienert, M. 37
 Lindner, H. 92
 Linke, F. 19; 20; 33; 34
 Lippolt, H.J. 144
 Lissner, H. 66
 Loewe, F. 122
 Löhr, W. 19; 100
 Lorch, S. 57
 Lorensen, E. 87
 Löser, G. 187
 Lotze, F. 121
 Love, A.E.H. 173
 Lückcrath, H. 168
 Ludewig, P. 87
 Ludwig I, König von Bayern 115
 Lühr, H. 50; 52; 53
 Lüttgen, A. 76
 Lutz, C.W. 15; 116; 117
 Lyell, C. 166

 Machens, E. 44
 Macht, H.G. 12
 Mack, K. 19; 134; 135; 136; 138
 Magnus, H.G. 164
 Mahler, W. 37
 Mainka, C. 135; 202; 219
 Mairan, d'Ortous de 166
 Makris, J. 23; 80
 Mann, I. 53
 Marquart, G. 35
 Marschall, H. 76
 Martin, H. 201; 220; 222; 223; 224; 225
 Martine, G. 164
 Mathes, S. 144
 Mattern, G. 34
 Matthews, M.S. 76
 Maucher, A. 117; 118
 Mäussnest, O. 137

 Maximilian II, König von Bayern 115; 116
 Mayer, T. 107
 Mayerstein (Meyerstein), Gehilfe von Gauß 38; 116
 Mayne, H. 173
 Meier, H.-J. 92
 Meinardus, W. 20
 Meinhold, R. 184; 211
 Meiser, P. 57
 Meißer, O. 12; 20; 40; 88; 89; 91; 93; 220; 221; 222; 223; 224; 225
 Meißner, R. 13; 21; 23; 26; 34; 35; 82; 83; 85; 86; 145; 146; 152
 Melle, W. von 78
 Memmesheimer, M. 75
 Menzel, H. 12; 16; 19; 20; 21; 22; 54; 79; 80; 95; 104
 Messerschmitt, J. B. 116
 Meyer, J. 95
 Meyer, J.T. 164
 Meyer, O. 130; 132
 Militzer, H. 89; 91
 Milkereit, B. 85
 Miller, H. 120
 Minovsky, A. 212
 Mintrop, L. 14; 19; 21; 98; 100; 101; 110; 168; 173
 Mischpeter, C.E. 164
 Model, F. 20
 Mohn, H. 184
 Mohorovicic, S. 166
 Morelli, C. 22
 Morgenstern, C. 37
 Mothes, H. 121
 Motschmann, U. 53
 Mügge, R. 22; 34
 Mühlhäuser, H. 28
 Müller, G. 15; 24; 25; 36; 37; 140; 141
 Müller, K. 172
 Müller, St. 22; 104; 137; 140
 Müller-Beck, H. 26
 Muncke, G.W. 164
 Musmann, G. 23; 49; 50; 51; 52; 53

 Napoleon I 93
 Naumann, C.F. 65; 163
 Negendank, J.F.W. 127
 Neske, E. 156
 Ness, Norman F. 22
 Neubauer, F.M. 19; 23; 50; 51; 52; 75; 76; 77
 Neuber, J. 91
 Neugebauer, H.J. 25; 35; 55
 Neumayer, G. von 128; 130; 131
 Neunhöfer, H. 25; 201; 207; 209
 Newman, G. 77
 Newton, I. 163
 Nippoldt, A. 20; 39; 40
 Nörlund, N.E. 121
 Nosske, G. 211
 Nöthlich, K. 221

 Oberreuter, A. 75
 Oelsner, Ch. 23; 90; 92
 Okrusch, M. 144
 Omori, F. 135; 218

Opgenoorth, H. 126
 Paetzold, H.K. 72; 73; 75
 Parrot, G.F. 163
 Pätzold, M. 77
 Paulat, A. 34; 35
 Pechau, W. 218; 219
 Perach, I. 212
 Petersen, N. 25; 49; 119; 120
 Petry, H. 75
 Pfaff, F. 138
 Pfozter, G. 50
 Philipps, H. 69
 Piekorz, G. 75
 Pietzsch, K. 67; 144
 Pilgrim, L. 135
 Pinkau, K. 145
 Piscalar, F. 72; 73; 74
 Plag, H.-P. 84
 Plaumann, S. 57
 Pohl, J. 120
 Pohl, M. 68
 Poisson, S.-D. 164; 166
 Polis, P. 19
 Porath, H. 126
 Porstendorfer, G. 89; 90; 91; 92
 Pösche, O. 91
 Prestwich, J. 164
 Prosch, T. 73
 Purcaru, G. 35
 Putziger, K. 211
 Puzyrev, N.N. 189

 Quetelet, L.-A.-J. 164

 Rabbel, W. 84
 Raeder, J. 76
 Raethjen, P. 21; 79
 Raschke, E. 73; 74; 77
 Rawer, K. 22
 Rayleigh, Lord 173
 Rebeur-Paschwitz, E. von 137; 185; 217
 Regler, G. 88
 Reich, F. 87; 115; 117; 118; 119; 163
 Reich, H. 21; 22; 95
 Reicheneder, K. 183
 Reichert, Ch. 45; 152
 Reichl, H. 120
 Reinach, A. von 33
 Renz, R. 146; 150
 Repsold, H. 57
 Richter, C.F. 207
 Richter, K. 130
 Richter-Bernburg, G. 44
 Riesenhuber, H. 147
 Ringwood, A.E. 166
 Rische, H. 89
 Ritter, E. 38
 Rive, A. de la 166
 Robel, F. 28
 Robitzsch, M. 69
 Rockel, B. 73

 Rode, E. 172
 Röder, R. 37
 Roemer, M. 156
 Rogers, W.B. 163
 Rogge, E. 122; 124; 127
 Rolf 57
 Roll, H.U. 130
 Röpke, K. 20
 Rose, K. 74
 Rosenbach, O. 13; 22; 54; 55; 95
 Rösler, R. 91; 92
 Rössiger, M. 40; 54
 Roth, M. 36
 Rotsch, St. 127
 Rummel, F. 101; 119; 144
 Runcorn, Stanley K. 13; 22
 Ruprecht, E. 74
 Rüter, H. 100
 Rutherford, E. 165

 Sadowiak, P. 152
 Sandhäger, H. 125
 Särchinger, H. 211
 Sauer, A. 135
 Sauter, F. 72
 Scheidegger, A. 122
 Scheidgen, P. 74
 Scherbaum, F. 25; 120
 Scherhag, R. 95
 Schering, E. 107
 Scheube, H.-G. 49
 Scheumann, K.H. 67; 144
 Schick, R. 137
 Schiffner, C. 87
 Schleusener, A. 19; 20; 21; 168
 Schlittenhardt, J. 36
 Schmedes, E. 117; 120
 Schmeling, H. 36; 37
 Schmerwitz, G. 222; 223
 Schmidt, Adolf 19; 21; 39; 40; 41
 Schmidt, August 134; 135; 136; 138; 218
 Schmidt, H. 41
 Schmidt, W. 20
 Schmidtbauer, E. 119; 120
 Schmidtke, G. 155
 Schmoll, J. 152
 Schmucker, U. 12; 19; 21; 22; 37; 111; 112
 Schmücking 88
 Schneider, G. 137
 Schneider, H.-J. 117; 118
 Schneider-Carius, K. 69
 Schnepp, E. 127
 Schön, J. 91; 92
 Schönharting, G. 120
 Schopper, J.R. 23; 55
 Schott, G. 130
 Schreyer, W. 26; 144; 150; 152
 Schröder, W. 25
 Schroers, H. 73
 Schuch, M. 119
 Schüler, R. 183
 Schüller, D. 48

Schult, A. 119; 120
 Schulz 149
 Schulz, L. 48
 Schulz, Rüdiger 57
 Schulz, R. 20
 Schumacher, A. 130
 Schumacher, F. 88
 Schütt, H. 53
 Schütt, R. 19; 20; 78; 79; 218
 Schwarz, F. von 116
 Schwarz, G. 92; 95
 Schwarzbach, M. 27; 28
 Schweigmann, H. 37
 Schweitzer, J. 36
 Schweydar, W. 19; 87; 185
 Sckopke, N. 50
 Seibold, E. 146
 Seiler, E. 50
 Sengpiel, K.-P. 119
 Sieberg, A. 15; 19; 22; 135; 136; 166; 203; 205; 219; 220;
 222; 224; 225
 Siebert, M. 19; 22; 104
 Siemann, H. 48; 49
 Simmer, C. 73
 Soddy, F. 165
 Soffel, H.C. 19; 23; 115; 119; 120; 144
 Sollogub 90
 Sommerville, M. 166
 Speer, J. 54
 Spencer, N.W. 156
 Spenner, K. 156
 Speth, P. 74
 Spies, T. 36
 Spitzfaden, H. 120
 Spohn, T. 25; 36; 124
 Sponheuer, W. 201; 221; 225
 Stahl, W. 44; 45
 Stein, A. 57
 Steinbach, V. 75
 Sterneck, R. von 182
 Stettner, G. 144
 Steveling, E. 20
 Stille, H. 66; 144
 Stockhausen, H. 127
 Stöckl, H. 35
 Stöffler, D. 124
 Stoll, J. 37
 Stöltenberg, G. 49
 Stoyer, C. 77
 Strack, K.M. 77
 Straubel, R. 206; 217; 218; 219; 220; 221; 222; 225
 Strauch, F. 26
 Strobach, K. 21; 23; 54; 80; 86; 95; 96; 104; 137
 Strutt, R.J. 165
 Stückrath, P. 217
 Stümpel, H. 83
 Süring, R. 40

 Tams, E. 12; 15; 19; 20; 21; 40; 79; 86
 Tamura, Tetsu S. 164
 Teichmüller 122
 Temme, P. 36

 Teupser, Ch. 202; 207; 222; 224; 225
 Tezkan, B. 77
 Theile, B. 49
 Theilen, F. 84
 Thiene, H. 166
 Thierbach, R. 44
 Thomas, E. 211
 Thorade, H. 130
 Thüringer, M. 120
 Thyssen, F. 104; 122; 123; 124; 125; 126; 127
 Thyssen-Bornemisza, St. von 168
 Tiedemann, H.-P. 20
 Trappe, F. 168
 Trippler, K. 49
 Troll, G. 26
 Tsurutani, B. 76

 Uhlich, P. 87
 Ulbrich, U. 74
 Ullmann, W. 222; 224; 225
 Ullrich, E. 37
 Ulmer, Gehilfe Lamonts 116
 Ulug, A. 36
 Unterreitmeier, E. 25
 Untiedt, J. 13; 14; 15; 21; 23; 24; 25; 49; 52; 104; 111;
 122; 123; 124; 126; 127
 Urey, H.C. 167

 Veas, R. 21; 23; 104
 Victor, E. 121
 Vidal, H. 115; 118; 119; 145
 Vogel, A. 95
 Vogelsang, D. 57
 Volbers, R. 126
 Volger, O. 134
 Voll, G. 144
 Voß, J. 84
 Vozoff, K. 77

 Wagenitz, V. 126
 Wagner, H. 110; 218
 Wagner, J. 19
 Wagner, W. 27
 Walden, H. 130
 Walferdin, F.H. 164
 Walter, R. 145
 Watznauer, A. 144
 Weber, F. 23
 Weber, K. 144; 152
 Weber, M. 35
 Weber, W. 65; 94; 107
 Wegener, A. 17; 33; 68; 79; 96; 121
 Wegener, K. 33
 Weickmann, L. 20; 40; 67; 68; 69
 Weidelt, P. 15; 24; 51; 53
 Weihrauch, R. 37
 Weiken, K. 122
 Weine, W. 35; 37
 Weiss, C.S. 93
 Weller, A. 53
 Wendt, I. 44; 45; 144
 Wenger, R. 68

Weniger, W. 125
Wennmacher, A. 77
Wenzel, F. 140; 142; 152
Werner, A.G. 65; 93; 122; 127
Wiechert, E. 7; 14; 19; 33; 66; 78; 85; 100; 107; 109; 110;
113; 114; 121; 166; 218; 220; 221
Wiederhold, H. 21; 57; 152
Wielandt, E. 104; 137
Wiener, O. 68
Wienert, K. 117
Wiese, H. 41
Wigand, A. 47
Wilhelm II. 33
Wilhelm, H. 13; 19; 23; 25; 71; 140
Wilski, O. 87
Wiling, W. 124
Wimmenauer, W. 145
Winkelmann, A. 217
Winter, H. 37
Wirth, J. 73
Witte, H. 87
Wohlenberg, J. 23
Wölcken, K. 121
Wolf-Gladrow, D. 76
Wolf, J. 37
Wolff, W. 57
Wolfgram, G. 77
Wolter, K. 37
Wonik, T. 57
Wruck, K. 188
Wurm, A. 144
Yaramanci, U. 55; 56
Zang, A. 37
Zeissig, C. 19
Zettel, W. 13; 21; 169
Zhang, Y. 74
Ziegert, A. 201; 207
Ziegler, W. 145
Zinke, J. 37
Zöllner, F. 138
Zschau, J. 82; 84
Zschörner, H. 72; 73
zur Mühlen, W. von 57
Zürn, W. 3

Verzeichnis der Autoren

- Aichele, Helmut, Dr., Seismologisches Zentralobservatorium, Krankenhausstr. 1, 91054 Erlangen
- Ahorner, Ludwig, Prof. Dr., Albert-Einstein-Str. 1, 51429 Bergisch Gladbach
- Behr, Hans-Jürgen, Prof. Dr., Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre der Universität Göttingen, Goldschmidtstr. 3, 37077 Göttingen
- Berckhemer, Hans, Prof. Dr., Institut für Meteorologie und Geophysik, Feldbergstr. 47, 60323 Frankfurt
- Best, Adolf, Dr., GeoForschungsZentrum, Potsdam, Projektbereich 2.3, Adolf-Schmidt-Observatorium für Geomagnetismus, Lindenstr. 7, 14823 Niemegk
- Börngen, Michael, Dr., Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Talstr. 35, 04103 Leipzig
- Buntebarth, Günter, Dr., Technologiezentrum, Burgstatter Str. 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Dostmann, Hans, Dipl.-Geologe, Wegener Str. 3, 30926 Seelze
- Dohr, Gerhard, Prof. Dr., Postkamp 16, 30159 Hannover
- Dresen, Lothar, Prof. Dr. Dr. h.c., Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geophysik - Arbeitsgruppe Seismik, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum
- Dürbaum, Hans-Jürgen, Prof. Dr., Waldstr. 8, 30916 Isernhagen
- Ebel, Adolf, Prof. Dr., Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln
- Elstner, Claus, Dr., Institut für Angewandte Geodäsie, Außenstelle Potsdam, Michendorfer Chaussee 23, 14473 Potsdam
- Engelhard, Ludwig, Prof. Dr., Institut für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig, Mendelssohnstraße 3, 38106 Braunschweig
- Fertig, Jürgen, Prof. Dr., Institut für Geophysik, Technische Universität Clausthal, Arnold-Sommerfeld-Str. 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Gaertner, Helmut, Dr. Ing., Geophysik GGD, Bautzener Str. 67, 04332 Leipzig
- Giese, Peter, Prof. Dr., Freie Universität Berlin, Fachrichtung Geophysik, Malteserstr. 74-100, Haus D, 12249 Berlin
- Hänel, Ralph, Prof. Dr., Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Postfach 51 01 53, 30631 Hannover
- Harnisch, Günter, Dipl.-Geophysiker, Institut für Angewandte Geodäsie, Außenstelle Potsdam, Michendorfer Chaussee 23, 14473 Potsdam.
- Harnisch, Martina, Dipl.-Geophysikerin, Institut für Angewandte Geodäsie, Außenstelle Potsdam, Michendorfer Chaussee 23, 14473 Potsdam
- Hinz, Karl, Prof. Dr., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30631 Hannover
- Hirschleber, Hans Bodo, Prof. Dr., Universität Hamburg, Institut für Geophysik, Bundesstr. 55, 20146 Hamburg
- Homilius, Joachim, Prof. Dr., Waldstr. 2, 30916 Isernhagen
- Jacobs, Franz, Prof. Dr., Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Talstr. 35, 04103 Leipzig
- Jödicke, Hartmut, Dr., Universität Münster, Institut für Geophysik, Corrensstr. 24, 48149 Münster
- Laube, Manfred, Dr., Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln
- Makris, Jannis, Prof. Dr., Universität Hamburg, Institut für Geophysik, Bundesstr. 55, 20146 Hamburg
- Meißner, Rolf, Prof. Dr., Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geophysik, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel
- Neubauer, Fritz M., Prof. Dr., Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln
- Neunhöfer, Horst, Dr., Stauffenbergstraße 11, 07747 Jena-Lobeda
- Oelsner, Christian, Prof. Dr., TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik, Gustav-Zeuner-Str.12, 09599 Freiberg/Sa.
- Prodehl, Claus, Dr., Universität Karlsruhe, Geophysikalisches Institut, Hertzstr. 16, 71173 Karlsruhe
- Pröhl, Stefan, Dr., Biedermannstr. 72, 04277 Leipzig

Rawer, Karl, Prof. Dr., Herrenstr. 43, 79232 March

Röwer, Peter, Dipl.-Geophysiker, Freie Universität Berlin, Fachrichtung Geophysik, Malteserstr. 74-100, Haus D, 12249 Berlin

Rüter, Horst, Prof. Dr., DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH, Westhoffstr. 17, 44791 Bochum

Schick, Rolf, Prof. Dr., Institut für Geophysik der Universität Stuttgart, Richard-Wagner-Str. 44, 70184 Stuttgart

Seidl, Dieter, Dr., Seismologisches Zentralobservatorium, Krankenhausstr. 1, 91054 Erlangen

Siebert, Manfred, Prof. Dr., Institut für Geophysik der Universität Göttingen, Herzberger Landstraße 180, 37075 Göttingen

Soffel, Heinrich C., Prof. Dr., Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik und Geophysikalisches Observatorium, Universität München, Theresienstr. 41, 80333 München

Stötzner, Ulrich, Dr., Geophysik GGD, Postfach 1416, 04332 Leipzig

Tiedemann, Hans-Peter, Dr., Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geophysik, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel

Unterreitmeier, Erhard, Dr., GeoForschungsZentrum, Telegrafenberg C 1, 14473 Potsdam

Untiedt, Jürgen, Prof. Dr., Universität Münster, Institut für Geophysik, Corrensstr. 24, 48149 Münster

Vidal, Helmut, Prof. Dr., Germeringer Str. 5, 82131 Gauting

Voppel, Dietrich, Prof. Dr., Am Kattenberge 47, 21244 Buchholz

Weintritt, Dieter, Prof. Dr., Straße des 18. Oktober 18, 04103 Leipzig

Wielandt, Erhard, Prof. Dr., Institut für Geophysik der Universität Stuttgart, Richard-Wagner-Str. 44, 70184 Stuttgart

Wilhelm, Helmut, Prof. Dr., Geophysikalisches Institut, Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe

