

Helmut Moritz

## **Das Internationale Geophysikalische Jahr 1957 und seine Folgen**

Festvortrag auf dem Leibniztag 2007<sup>1</sup>

Liebe Kolleginnen und Kollegen, meine Damen und Herren!

Der Titel meines Vortrags klingt etwas provokant. Die „Folgen“ können positiv oder negativ sein. Als Wissenschaftler beschäftigen wir uns hauptsächlich mit den ersteren und bewundern die gigantischen Fortschritte in Wissenschaft und Technologie. Was negative Folgen betrifft, hört oder liest man in diesen Jahren in den Medien besonders viel: von Unwettern, globaler Erwärmung und Naturkatastrophen wie Hurrikans. Die Wissenschaftler, die sich damit beschäftigen, äußern sich hier viel vorsichtiger. Sie tragen aber unfassbar viel zum Verständnis und Schutz unserer Umwelt bei.

Diese Katastrophen betreffen die Erde (griechisch *ge*) und ihre Physik, also Geophysik. Der wissenschaftliche Fortschritt auf der Erde schreitet überall (allerdings richtiger gesagt, leider nur in den entwickelten Ländern) gleichmäßig voran; wozu braucht man also dafür besondere „Jahre“?

Wissenschaftler und andere Leute mit besonders schlechtem Gedächtnis wie Ihr Vortragender merken sich das Jahr 1957, in dem der erste russische Sputnik, 1958 gefolgt vom amerikanischen Explorer, ins Weltall geschickt wurde. 1957 war also ein wirklich „Internationales Geophysikalisches Jahr“ (IGJ), in dem ganz besondere, Bahn brechende Ergebnisse stattfanden.

Man braucht solche „Jahre“ auch als zeitliche Koordinationspunkte für die internationale Zusammenarbeit für Wissenschaftler wie die olympischen

---

1 Mit dieser akademiespezifischen Wortmeldung der Leibniz-Sozietät zum 50. Jahrestag des Beginns des Internationalen Geophysikalischen Jahres sind die folgenden vier jeweils ganztägigen wissenschaftlichen Veranstaltungen der Sozietät verbunden: das Kolloquium „Fortschritte der Geowissenschaften“ am 26.10.2006, der Workshop „Ergebnisse und Probleme der geophysikalischen Wissenschaften“ am 03.05.2007, das Kolloquium „50 Jahre Weltraumforschung. Erforschung und Überwachung der Erde und des Weltraumes gestützt auf die Mittel der Raumfahrt“ am 29.09.2007 und das Kolloquium „Probleme der Geologie“ am 09.11.2007 in Verbindung mit der Sitzung der Klasse Naturwissenschaften am 08.11.2007. (Anmerkung von Heinz Kautzleben)

Spiele für den Sport oder eben wie große Tagungen für die Wissenschaftler, die dort ihre Ergebnisse vorlegen und damit Koordination und Ansporn für wissenschaftliche Zusammenarbeit bewirken.

Die künstlichen Erdsatelliten wie der Sputnik waren sicher das populärste Ereignis, aber keineswegs das einzige wichtige Ergebnis des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957<sup>2</sup>. Wissenschaftspolitisch definierte es den Zeitraum, in dem man begann, sich vom kalten Krieg abzuwenden, und er sah, dass internationale Zusammenarbeit das einzige ist, was den Fortschritt, ja das Fortleben der Menschheit sichern kann, soweit der wissenschaftliche Fortschritt von einem moralischen und ethischen Fortschritt begleitet wird. Das ist ein unglaublich schwieriges Problem, das aber glücklicherweise nicht das Thema meines Vortrags ist.

Noch einige persönliche Erinnerungen, um diesen Vortrag verständlicher und konkreter zu machen.

Ich komme nicht umhin zu schmunzeln, wenn ich daran denke, dass, als ich 1957 meinen Professor um ein Dissertationsthema fragte, dieser sagte: „Was wollen’s denn, in der Geodäsie sind ohnehin schon alle Probleme gelöst!“. So kam mir zustatten, dass ich während meiner Studienzeit als Hobby mich auf eigene Faust etwas mit Relativitätstheorie und Quantentheorie beschäftigt hatte. So kam eine sonderbare Doktorarbeit „Fehlertheorie im Hilbertraum“ zustande, und man sagte von mir: „Der Junge ist ja ganz schlau, aber verrückt ist er doch!“.

1962 holte mich der berühmte finnisch/amerikanische Geodät und Geophysiker Weikko A. Heiskanen an die Ohio State University (USA) und setzte mich gleich an das Problem der Fehlertheorie der Gravimetrie, das einige Jahre vorher von Molodenski, Hirvonen und Kaula initiiert worden war. Meine Doktorarbeit passte genau hinein. Da ich nicht programmieren konnte, machte darüber (mein damaliger Kollege in Ohio) Richard Rapp eine Doktorarbeit. Und in wenigen Jahren schuf der große Däne Torben Krarup<sup>3</sup> daraus die heutige Standardmethode der „Kollokation nach kleinsten Quadraten“.

Heiskanen war Mitglied unter anderen der Päpstlichen Akademie der Wissenschaften und der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (also unserer heutigen Sozietät)<sup>4</sup>. Er war eine vorbildhafte Verkörperung in-

2 Offiziell begann das Internationale Geophysikalische Jahr am 1. Juli 1957 und endete es am 31. Dezember 1958. Seine Verlängerung bis zum 31.12.1959 wurde als Internationale Geophysikalische Kooperation bezeichnet. Die straff organisierte internationale Zusammenarbeit der Geophysiker ist danach nie wieder aufgegeben worden.

3 Torsten Krarup (1919–2005) arbeitete von 1952 bis 1986 im Geodätischen Institut von Dänemark in Kopenhagen, zuletzt als Staatsgeodät. Sein Hauptwerk erschien 1969.

ternationaler wissenschaftlicher Zusammenarbeit. Er lud mich ein, mit ihm gemeinsam das Buch „Physical Geodesy“ zu verfassen. Es erschien unter seinem und meinem Namen 1967 und wurde in viele Sprachen übersetzt. Die zweite Auflage habe ich gemeinsam mit meinem Grazer Kollegen Bernhard Hofmann-Wellenhof verfasst; sie erschien 2006 bei Springer. Sie zeigt den immensen Fortschritt in der Periode seit dem IGJ (unter IGJ wird auch oft diese ganze Periode gemeint).

Die gemeinsame Freude an der internationalen Zusammenarbeit verband mich später auch mit Heinz Kautzleben, Mitglied unserer Sozietät, der von 1970 bis 1990 von Potsdam aus alle drei Jahre internationale Symposien über „Geodäsie und Physik der Erde“ abhielt mit dem sehr erfolgreichen Ziel, Ost und West zusammen zu bringen. Auch vom Westen kam Alles, was Rang und Namen hatte.

### Was ist Geophysik?

Wir können das an Hand der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) sehen. Sie besteht aus 7 Assoziationen:

1. Geodäsie (IAG)
2. Seismologie and Physik des Erdinneren (IASPEI)
3. Vulkanismus und Chemie des Erdinneren (IAVCEI)
4. Geomagnetismus und Aeronomie (IAGA)
5. Meteorologie und atmosphärische Wissenschaften (IAMAS)
6. Hydrologie (IAHS)
7. Ozeanographie (IAPSO).

Es sind also alle Gebiete der Physik in ihrer Anwendung auf die Erde vertreten. Anschaulich sind zum Beispiel die zerstörerischen Erdbeben und Vulkane, der Erdmagnetismus, an dem sich der Forschungsreisende orientieren konnte, die Meteorologie, die als einzige geophysikalische Disziplin für würdig befunden wird, in jeder Tageszeitung unter dem Stichwort „Wettervorhersage“ aufzutreten, und die ein Gesprächsthema bildet, das als wirkungsvoller, wenngleich nicht sehr angesehener, Lückenbüßer verwendet werden kann, vor allem dann, wenn man einander sonst nichts zu sagen hat. Von der wissenschaftlichen Seite muss man allerdings in aller Fairness sagen, dass im Zeitraum des IGJ die Meteorologie unfassbare Fortschritte gemacht hat. Wet-

---

4 W. A. Heiskanen (1895–1971) wurde 1950 zum Korrespondierenden Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (DAW) gewählt.

tervorhersagen brauchen nicht nur die Ausflügler, sondern auch die Landwirtschaft, der Flugverkehr und Vieles andere mehr. Die Hydrologie ist ebenso von höchster praktischer Bedeutung, denn ohne trinkbares Wasser wäre die Menschheit verloren. Über die Bedeutung der Meere und Ozeane brauche ich nichts zu sagen.

Im heutigen Vortrag werde ich mich auf zwei Schwerpunkte beschränken.

### **Erstens: Geodäsie und Geophysik**

Geodäsie ist mein eigenes Fach, in dem ich genau seit dem IGJ arbeiten durfte. 1958 erschien nämlich die deutsche Übersetzung eines fundamentalen Buchs des großen russischen Geodäten M. S. Molodenski<sup>5</sup> in der Redaktion von Horst Peschel<sup>6</sup>, das die Theorie der physikalischen Geodäsie sprunghaft weiterführte; es bestimmte auch meine weitere Tätigkeit maßgebend.

Zurück zum Thema. Gehört die Geodäsie eigentlich zur Geophysik<sup>7</sup>? Geodäsie ist zunächst die Wissenschaft von der Gestalt der Erde – scheinbar ein rein geometrisches Problem: Erdmessung im Großen und Feldmessung im Detail. Im alten Ägypten bestand die Aufgabe, nach jeder der jährlichen Überschwemmungen des Nils die Felder wieder in ihrer ursprünglichen Form herzustellen. Das Wort „Geodäsie“ bedeutet vom griechischen Stamm her nicht „Erdmessung“ (was wörtlich mit „Geometrie“ zu übersetzen wäre), sondern „Erdteilung“, „Wiederaufteilung der Felder“. „Geometrie“ war im Altertum die mathematische Disziplin, die wir auch heute mit diesem Namen bezeichnen, z.B. die Euklidische Geometrie, eine exakte, abstrakte und von Anwendungen möglichst unberührte Wissenschaft. Carl Friedrich Gauß, der „princeps mathematicorum“<sup>8</sup>, betätigte sich jedoch auch als praktischer Landmesser und passionierter Zahlenrechner.

5 Michail Sergejewitsch Molodenski (1909–1991), sowjetischer Geophysiker und geodätischer Astronom, arbeitete im Institut für Physik der Erde der AdW der UdSSR in Moskau.

6 Prof. Dr.-Ing. Horst Peschel (1908–1989) war seinerzeit Professor für Höhere Geodäsie an der Technischen Universität Dresden; von 1962 bis 1984 war er Präsident des Nationalkomitees für Geodäsie und Geophysik der DDR.

7 Während die Geophysik als Wissenschaftsdisziplin sich erst Ende des 19. Jahrhunderts konstituiert hat, gehört die Geodäsie zu den ältesten Wissenschaften überhaupt. In unserer Gelehrtenengesellschaft, die anfangs Brandenburgische Sozietät der Wissenschaften, dann fast zweieinhalb Jahrhunderte lang Preußische Akademie der Wissenschaften (kurz Preuß. AdW) hieß, war die Geodäsie fast von Anfang an vertreten. Ihr erster Vertreter war Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698–1759), Auswärtiges Mitglied seit 1735, Ordentliches seit 1746. (Anmerkung von Heinz Kautzleben)

8 Als Arbeitsgebiete von Carl Friedrich Gauß (1777–1855) werden Mathematik, Physik, Astronomie und Geodäsie genannt. Er wurde 1810 zum auswärtigen Mitglied der Preuß. AdW gewählt, 1824 zum Ordentlichen Mitglied, blieb jedoch auch danach in Göttingen.

Gauß stellte sich auch die Frage nach der „wahren“ Definition der Erdgestalt. Die sichtbare Erdgestalt, auf der wir gehen und fahren, nennt er „physikalische Erdgestalt“; später sagt man gerne „topographische Erdoberfläche“. Dazu gehören Berge, Täler, Seen, Meere, kurz das, was wir als Landschaft bewundern. Sie ist aber nicht „horizontal“, was wir spätestens nach dem mühevollen Erklimmen eines Berges einsehen. Gibt es eine überall horizontale Fläche? Gewiss, es ist die Meeresoberfläche und ihre Fortsetzung unter die Erdoberfläche, eine Fläche, die in jedem Punkt auf der Lotrichtung senkrecht steht, eine *Niveaufläche*. Gauß bezeichnet sie als „mathematische Meeresoberfläche“. Heute nennen wir sie *Geoid*. Das Geoid ist die Bezugsfläche für  $H$ , die „Höhen über Meeresniveau“. Nur auf dem Meer gilt überall  $H = 0$ . Das sieht ganz einfach aus, aber der Teufel liegt im Detail.

Welche mathematische Fläche ist denn das Geoid? In erster Näherung eine Kugel, in sehr guter Näherung ein Ellipsoid. Man kann keinesfalls erwarten, dass es exakt ein Ellipsoid oder eine sonstige einfache mathematische Fläche ist. Das Geoid ist bestimmt durch die Lotrichtung, die Richtung der Schwerkraft, die ihrerseits *physikalisch* definiert ist. Freilich ist das Geoid durch eine *mathematische* Formel definiert:

$$W = \text{constant};$$

aber das *Schwerepotential*  $W$  wird nach Newton durch die Anziehung der Massen mit allen ihren Unregelmäßigkeiten (und die Erdrotation) bestimmt. Gewiss,  $W$  ist als Größe aus der mathematischen Physik eine mathematische Funktion, aber eben keine einfache!

Das Schwerefeld der Erde ist also eine recht komplizierte Angelegenheit. Es ist mit der klassischen Newtonschen Mathematik theoretisch exakt beschreibbar, hängt aber von der Gestalt der sie erzeugenden Massen (Berge, Täler usw.) und der Gesteinsdichte ab, so dass das Schwerepotential  $W$  eine komplizierte und schwer exakt zu bestimmende Funktion ist. Auch mathematisch ist die Funktion  $W$  bemerkenswert: im Außenraum der Erde ist sie wenigstens *harmonisch*; sie erfüllt dort die Laplacesche Differentialgleichung, was in der Satellitengeodäsie sehr wichtig ist. Dass man eine solch komplizierte Funktion noch als „harmonisch“ bezeichnen kann, erinnert schon an die moderne Musik...

Wozu braucht man aber das Schwerefeld? Das anschaulichste Beispiel ist der Fluss des Wassers, das ausschließlich dem Schwerefeld und keineswegs direkt der Geometrie der Erdoberfläche folgt. Ein Flusstal folgt der Erdoberfläche nur insofern, als es in langen geologischen Zeiträumen vom fließenden Wasser und damit indirekt doch vom Schwerefeld geformt wurde.

Wir können schreiben:

Geodäsie = Geometrie und Schwerefeld,

eine symbolische Gleichung dafür, dass die Geodäsie doch eine (geo-)physikalische Disziplin ist.

Messung und Geometrie spielen freilich eine wesentliche Rolle.

Bis vor kurzer Zeit gab es kaum eine geodätische Messung, die nicht vom Schwerefeld beeinflusst worden wäre. Heute gibt es wirklich eine scheinbar rein geometrische, und sogar äußerst effiziente und genaue Messmethode, allgemein bekannt unter der Abkürzung GPS (Globales Positionierungs-System). Man findet die Position rein geometrisch aus Messungen zu vier bekannten Satelliten. Aber auch hier spielt das Schwerefeld eine Rolle, denn die Bahnen der GPS-Satelliten werden durch das Erdschwerefeld bestimmt!

Theoretisch war das alles seit Gauß bekannt. Um 1880 gaben zwei bedeutende Geodäten, die beide mit dem Potsdamer Geodätischen Institut<sup>9</sup> verbunden waren, zwei scheinbar konträre, aber in Wirklichkeit sich hervorragend dialektisch ergänzende Definitionen: Friedrich Robert Helmert<sup>10</sup> und Heinrich Bruns<sup>11</sup>. Nach Helmert ist die Aufgabe der Geodäsie die Bestimmung und kartographische Darstellung der Erdoberfläche, nach Bruns ist die Geodäsie die Bestimmung des Erdschwerefeldes. Die erste Definition entspricht der Praxis, die zweite klingt etwas sonderbar. Helmert war (ab 1886) der Direktor des Geodätischen Instituts, Bruns (von 1876 bis 1882) nur ein am Institut angestellter Mathematiker, der sich sonderbare, aber originelle Gedanken leisten konnte... Aber Spaß beiseite: Helmert war in seiner Zeit der

- 
- 9 Das Potsdamer Geodätische Institut wurde 1870 mit Johann Jakob Baeyer als Präsidenten in Berlin gegründet. Es war eine Erweiterung des Zentralbüros der „Mitteleuropäischen Gradmessung“, einer internationalen Organisation, die 1862 auf Initiative von Baeyer gegründet worden. Ab 1890 hat es seinen Sitz in Potsdam. Baeyer (1794–1885) wurde 1865 zum Ehrenmitglied der Preuß. AdW gewählt. Die heutige Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG), deren Präsident der Vortragende von 1979 bis 1983 war, betrachtet die „Mitteleuropäische Gradmessung“ als ihren Ursprung. Die Jahresberichte des Geodätischen Institutes mussten von der Preuß. AdW begutachtet werden. Nach der Wiedereröffnung der Preuß. AdW als DAW im Jahre 1946 wurde es als Geodätisches Institut Potsdam der Akademie zugeordnet; es gehörte zu den wichtigsten Leistungsträgern im Nationalprogramm der DDR für die Beteiligung am IGJ. Bei der Gründung der „Mitteleuropäischen Gradmessung“ (später „Internationale Erdmessung“ genannt) entstanden in den beteiligten Ländern spezielle Kommissionen. Die Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung besteht noch heute. (Anmerkung von Heinz Kautzleben)
- 10 Friedrich Robert Helmert (1843–1917) wurde 1900 zum Ordentlichen Mitglied der Preuß. AdW gewählt.
- 11 Heinrich Bruns (1848–1919) wurde 1906 zum Korrespondierenden Mitglied der Preuß. AdW gewählt. Ab 1882 wirkte er als Direktor der Universitätssternwarte in Leipzig.

beste Kenner des Erdschwerefeldes und als solcher international hoch anerkannt!

Das Geoid ist stellvertretend für das Schwerefeld: Höhen über Meeresniveau sind Höhen über dem Geoid.

Bis zum Geophysikalischen Jahr 1957 freilich war die *physikalische* Geodäsie eher mit Ophelia als mit Hamlet im gleichnamigen Stück von Shakespeare vergleichbar: schön und interessant, aber etwas verrückt und ziemlich bedeutungslos. Mit dem IGJ aber trat die physikalische Geodäsie als Hamlet plötzlich machtvoll hervor. Bei der Berechnung der Bahnen der künstlichen Erdsatelliten waren plötzlich die Geodäten als Spezialisten für das Erdschwerefeld gefragt und sind es bis heute. Geodätische Navigationsgeräte finden sich in den Cockpits der Flugzeuge, aber auch der dicken Straßenkreuzer. Selbst Franz Schuberts bescheidener Wanderer hätte heute vielleicht ein Garmin GPS-Gerät bei sich. (Das ist bitte keine Werbung für Garmin, sondern für Schubert!)

Die Geodäsie umfasst heute auch die Zeit. Dabei unterscheiden wir Navigation und vierdimensionale Geodäsie. Navigation gab es schon früh: die Positionsbestimmung geschah durch Messung zu Sternen mit „Sextanten“, einer Art einfacher Theodoliten. Heute haben wir GPS; je nach dem verwendeten Verfahren reicht die Genauigkeit vom Hektometerbereich bis zum Millimeterbereich.

Wichtig ist auch die *Inertialnavigation*, bei der Beschleunigungen gemessen werden. Durch Integration erhält man Geschwindigkeiten; eine zweite Integration ergibt die Position. Die Inertialnavigation (INS) kann geodätische Genauigkeiten erreichen, die nur wenig unter denen von GPS liegen. Beide Methoden ergänzen sich sehr schön und werden oft gemeinsam verwendet, zum Beispiel in den großen Passagierflugzeugen, wo sie als Kontrolle dienen. Aber auch z.B. in der Tunnelvermessung. Im Tunnel ist GPS unbrauchbar, weil man die Satelliten nicht sieht, dort kann man aber Inertialvermessung verwenden. Wie wir gerade gesagt haben, geht sie von Beschleunigungen aus. Dazu gehört aber auch die Erdschwere, und INS hängt daher (im Gegensatz zu GPS) direkt vom Schwerefeld ab.

Die „vierdimensionale“ Geodäsie ist eine moderne Entwicklung: sie misst ganz kleine Verschiebungen (etwa 5 cm pro Jahr) der Gebirgsmassen oder Kontinente, z.B. zwischen den Kontinentalplatten der Wegenerschen Kontinentalverschiebung (Plattentektonik). Die dadurch erzeugten Spannungen sind für Erdbeben und Tsunami (siehe IASPEI oben), Vulkane (IAVCEI) und Gebirgsbildung (Geologie) grundlegend. Sie sind eine Herausforderung für

die Zusammenarbeit mit den anderen Assoziationen der IUGG (s.o.) und z.B. mit der Internationalen Union der geologischen Wissenschaften.

Erst mit Hilfe der seit dem IGJ entwickelten hochgenauen Satellitenmethoden ist es möglich, durch die kontinuierliche Arbeit der so genannten internationalen Dienste diese Aufgaben sinnvoll zu lösen. Auch hier ist internationale Zusammenarbeit mit anderen Assoziationen der IUGG und mit anderen Unionen erforderlich. Die Nutzung der Satelliten, besonders in internationaler Zusammenarbeit, wie GPS, die hoch auflösende Abbildung der Erdoberfläche im Sinne Helmerts, die Wettersatelliten, und vieles andere, was wir noch nicht genannt haben, hilft praktisch allen Geowissenschaften.

Unter den idealisierten Annahmen wie keine Gezeiten, kein Wind und keine Meeresströmungen wäre die Meeresoberfläche in der Tat eine Niveaufläche, das Geoid also eine Fläche konstanten Meeropotentials  $W$ . Wenn wir im Sinne von Bruns die Funktion  $W$  kennen, würden wir auch die Meeresoberfläche kennen. Durch direkte Höhenmessungen von Satelliten (Satelliten-Altimetrie) kann man aber feststellen, dass auch ein idealisiertes Meer nicht genau mit dem Geoid zusammenfällt. Es gibt eine systematische „Meerestopographie“, die wohl mit Meeresströmungen zusammenhängt. Damit ist auch ein Zusammenhang mit IAPSO hergestellt.

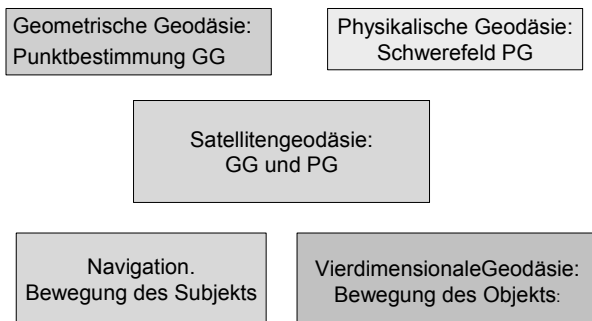
Die Erde, mit ihrem Schwerfeld und ihrer Rotation, ist keineswegs absolut starr, sondern unterliegt kleinen mehr oder minder elastischen Änderungen. Es gibt kleine Änderungen im Dezimeter- oder Zentimeterbereich: die quasiperiodischen Erdzeiten (analog den Meereszeiten) und kleine Änderungen der Erdachse und der Erdrotation. Solche sehr genauen Messungen sind normalerweise zeitabhängig, wenn auch nur schwach. Wegen der Zeitabhängigkeit spricht man oft von „vierdimensionaler Geodäsie“.

Weiter oben haben wir von GPS-Navigation (z. B. von Schiffen, Flugzeugen oder Autos) gesprochen, die offensichtlich zeitabhängig ist. Was ist der Unterschied zwischen diesen Zeitabhängigkeiten?

Wenn man zwei bekannte philosophische Begriffe missbrauchen will, kann man sagen, die Navigation bestimme die Bewegung eines *Subjekts*, die vierdimensionale Geodäsie die Bewegung eines (meist sehr langsamen) *Objekts*. Das Subjekt kann ein Fahrzeug (oder ein Passagier) sein, das Objekt sind hochpräzise zu messende, aber sehr langsam bewegte Naturdinge, etwa Kontinentalplatten.



## 1.Schwerpunkt: Geodäsie Erdmessung



### Ein zweiter Schwerpunkt:

### Das Nordlicht (Aurora borealis) und Südlicht (Aurora australis) und der Van-Allen-Gürtel

Im Jahre 1963 waren der bekannte Geophysiker Karl Jung<sup>12</sup> und ich gemeinsam zu Forschungsaufenthalten bei Weikko Heiskanen an der Ohio State University in Columbus, Ohio in den U.S.A., als wir beschlossen, Jung zusammen mit meiner Familie, einen Ausflug zu den berühmten Mammothhöhlen im südlichen Nachbarstaat Kentucky zu machen. Während der Fahrt bat mich Jung plötzlich, bei der nächstmöglichen Gelegenheit anzuhalten und auszusteigen. Da sahen wir ein für mich unvergessliches Schauspiel. Am nördlichen Himmel wogten grüne Schleier wie ungeheure Theatervorhänge. Jung sagte, das sei eine in mittleren geographischen Breiten seltene Himmelserscheinung, ein Nordlicht (Aurora borealis).<sup>13</sup>

---

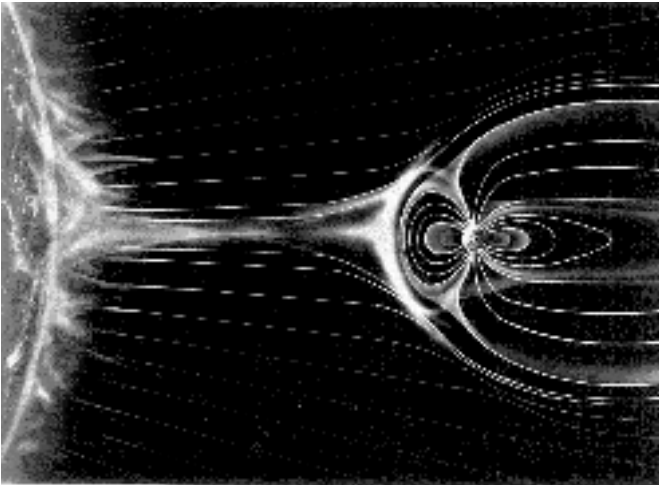
12 Karl Jung (1902–1972) war von 1931 bis 1941 Observator am Geodätischen Institut Potsdam. Danach wirkte er als Professor für Geophysik in Straßburg, Clausthal-Zellerfeld und Kiel.

13 Die Redaktion bittet die schwache Qualität der zur Verfügung gestellten Bilder zu entschuldigen.



Es entsteht folgendermaßen:

## Sonnenwind trifft auf Erdmagnetfeld



Die magnetischen Feldlinien sollten eigentlich ein symmetrisches magnetisches Dipolfeld bilden. Von der Sonne (links) „weht“ aber ein kontinuierlicher „Sonnenwind“ bestehend aus ionisierten Teilchen, der das Dipolfeld zusammendrückt. Verstärkungen des Sonnenwindes, die mit dem Sonnenfle-

cken-Zyklus zusammenhängen, führen zu vielfältigen Störungen des geomagnetischen Feldes und der Hochatmosphäre, unter ihnen die Aurorae. Die Leuchterscheinungen gehören zur oberen Atmosphäre (etwa 80 km), die Gegenstand der Aeronomie ist und daher von der IAGA betreut wird. (Darunter liegt das Arbeitsgebiet der IAMAS, die Meteorologie.) (Diese schönen Abbildungen wurden dankbar dem Internet entnommen.) Die Aurora borealis tritt in den nördlichen Polargebieten auf und heißt daher auch *Nordlicht*. Analog ist es mit der Aurora australis und der Antarktis. Die Aurorae sind nur in seltenen Fällen, bei sehr hoher Sonnenaktivität, südlich bzw. nördlich der Polarregionen sichtbar. Besonders wichtig ist daher die Beobachtung der Aurorae in Gebieten mittlerer und niedriger Breiten, möglichst gleichmäßig verteilt.

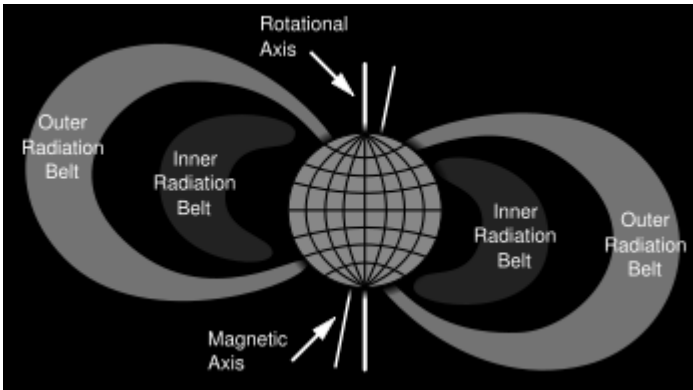
Die Aurorae haben die Menschheit immer interessiert, und es liegen unzählige Amateuraufnahmen vor, die gesammelt, systematisiert, geordnet und vervollständigt werden müssen. Darüber hat Wilfried Schröder, Mitglied unserer Sozietät, unlängst in EOS berichtet. Die Erklärung der Polarlichter als atmosphärische Naturerscheinung kam erst 1716 durch den Philosophen, Mathematiker und Naturforscher Christian Wolff<sup>14</sup> auf. Ich stütze mich hier besonders auf die Arbeiten von Wilfried Schröder, z. B. auf dessen noch unveröffentlichte Arbeit „Über die Polarlichtforschung im Internationalen Geophysikalischen Jahr“. Er zeigt u. a. sehr schön, dass es sich schon im 19. Jahrhundert herausstellte, dass umfassend und gut organisierte internationale Kampagnen unabdingbar sind.

Zu den ersten wichtigen Entdeckungen im Internationalen Geophysikalischen Jahr gehört der Strahlungsgürtel, der später nach James van Allen<sup>15</sup> benannt wurde. Es handelt sich um zwei Zonen energiereicher geladener Teilchen aus Sonnenwind und kosmischer Strahlung, die durch das Erdmagnetfeld eingefangen wurden. Die innere Zone befindet sich im Bereich von 700 bis etwa 6 Tausend km oberhalb der Erdoberfläche, die äußere im Bereich zwischen 15 und 25 Tausend km. Die Abbildung ist ein schematisierter Ausschnitt.

---

14 Christian Wolff (1679–1754) war zu dieser Zeit Professor für Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität Halle/Saale. 1711 wurde er zum auswärtigen Mitglied der Preuß. AdW gewählt.

15 James van Allen (1914–2006) war ein US-amerikanischer Astrophysiker. Er hatte die Messungen auf dem ersten amerikanischen Erdsatelliten „Explorer 1“ vorbereitet, die zur Entdeckung der Strahlungsgürtel führten.



## Geschichtliches

Hier stütze ich mich wieder auf Arbeiten von Heinz Kautzleben und Wilfried Schröder, vor allem auf einen unlängst erschienenen Vortrag<sup>16</sup> von Kautzleben in der Leibniz-Sozietät. Schon Alexander von Humboldt<sup>17</sup> und Carl Friedrich Gauß<sup>18</sup> haben sich sehr für systematische geomagnetische Beobachtungen auf der Erde eingesetzt. Den ersten Versuch zu einer gut organisierten internationalen Kampagne führte der *Göttinger Magnetische Verein* aus, dem Persönlichkeiten wie Carl Friedrich Gauß, der ihn leitete, angehörten. Messungen wurden von 1836 bis 1841 durchgeführt. Es folgte das 1. *Internationale Polarjahr* (1882–1883), in dem die Beobachtungen, vor allem meteorologische und geomagnetische, auf die Regionen in der Nähe der Pole konzentriert wurden. 50 Jahre später kam das 2. *Internationale Polarjahr* (1932–1933), das natürlich viel bessere wissenschaftliche Voraussetzungen hatte. Eine neue permanente Basis erhielt die internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit durch die Gründung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) und anderer wissenschaftlicher Unionen im Jahre 1919 sowie ihrer Dachorganisation ICSU (Internationaler Rat der Wissenschaftlichen Unionen) im Jahre 1931. Sie konnte sich auf gewaltige Fort-

16 Heinz Kautzleben: Das Internationale Polarjahr 2007/2008, das Internationale Heliophysikalische Jahr 2007 und das Internationale Jahr des Planeten Erde 2007–2009 – neue Initiativen in der internationalen wissenschaftlichen Zusammenarbeit fünfzig Jahre nach dem Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 86 (Jahrgang 2006)

17 Alexander von Humboldt (1769–1859) wurde 1800 zum Außerordentlichen, 1805 zum Ordentlichen Mitglied der Preuß. AdW gewählt.

18 Siehe Fußnote 8.

schritte in den Grundwissenschaften stützen. Leider kam bald der 2. Weltkrieg.

Bahnbrechende Fortschritte brachte dann das *Internationale Geophysikalische Jahr 1957–1958*.

Ich habe versucht, zwei repräsentative und ganz verschiedene Forschungsgebiete heraus zu greifen: wissenschaftliche Ergebnisse der künstlichen Satelliten (Zusammenarbeit von IUGG mit Internationaler Astronomischer Union; weiter Kartierung unserer Umwelt usw.) und Erforschung der Hochatmosphäre und der Magnetosphäre (Van-Allen-Gürtel usw.; Zusammenarbeit von IAGA und IAMAS und WMO, der Meteorologischen Weltorganisation.) Die offizielle Organisation des IGJ lag in den Händen des ICSU, also einer nichtstaatlichen (aber der UNO nahe stehenden) Wissenschaftsorganisation.

### **Ergebnisse des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957–1958**

In der Literatur findet man verschiedene Wertungen der Ergebnisse des IGJ, je nach dem Arbeitsgebiet der Verfasser. Als ein Beispiel zeige ich:

#### ***Einige Ergebnisse des IGJ***

- Der erste künstliche Satellit (Sputnik 1957)
- Entdeckung des Van-Allen-Gürtels
- Kartierung des Ozean-Bodens und
- seiner Magnetisierung, welche Wegeners Plattentektonik eindeutig bestätigte
- Messung der Strömungen in der oberen Atmosphäre
- Die erste detaillierte Studie des antarktischen Kontinents
- Der Antarctic Treaty (Antarktik-Vertrag), der den Kontinent zu einem Ort wissenschaftlicher Zusammenarbeit machte, frei von nationalen Ansprüchen und internationalen Querelen.

Von besonderer politischer Bedeutung ist der Internationale Antarktis-Vertrag (Antarctic Treaty), eine Verpflichtung auch der Großmächte mitten in kalten Krieg! Wissenschaftliche Zusammenarbeit war auch in dieser Zeit möglich.

#### **Ausblick**

Es ist eine außerordentlich glückliche Idee, auf das IGJ nach 50 Jahren zurück zu schauen und in Form von ähnlichen Projekten auch in die Zukunft zu bli-

cken. Das IGJ umfasste alle geophysikalischen Wissenschaften. Natürlich meinten manche Polarforscher, die Arktis- und Antarktischforschung sei etwas zu kurz gekommen, denn das IGJ sei ja der Nachfolger zweier Polarjahre. Außerdem könne man in einem einzigen Großprojekt nicht mehr alle Naturwissenschaften umfassen. So spaltete sich IGJ in die vier Wissenschaftsjahre auf:

*Internationales Geophysikalisches Jahr + 50*: Fortsetzung des Kernprojekts IGJ nach 50 Jahren.

*Internationales Heliophysikalisches Jahr 2007*: Magnetische Probleme der Sonne, Planeten-Atmosphären und –Magnetosphären. Hier ergibt sich eine natürliche Zusammenarbeit mit IAU.

*Elektronisches Geophysikalisches Jahr (eGJ)*: ICSU, IUGG, und vor allem CODATA, 2007–2008. Es handelt sich um die systematische, langfristige und leicht zugängliche Speicherung der Messdaten durch die inzwischen hoch entwickelten elektronischen Speicherverfahren.

*Internationales Jahr des Planeten Erde 2008–2009*.

Natürlich gibt es hier Überlappungen und verschiedene Perspektiven, was aber durchaus positiv zu sehen ist.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!